



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

## ENERGETICKÝ ÚSTAV

ENERGY INSTITUTE

## ZDROJE TEPLA PRO DOMOVNÍ VYTÁPĚNÍ

HEAT SOURCES FOR HOME HEATING

## BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

### AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Pavel Drga

### VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Marek Baláš, Ph.D.

BRNO 2017



## Zadání bakalářské práce

Ústav: Energetický ústav  
Student: **Pavel Drga**  
Studijní program: Strojírenství  
Studijní obor: Základy strojního inženýrství  
Vedoucí práce: **Ing. Marek Baláš, Ph.D.**  
Akademický rok: 2016/17

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

### Zdroje tepla pro domovní vytápění

#### **Stručná charakteristika problematiky úkolu:**

Jednou ze základních lidských potřeb je tepelný komfort v prostředí, kde se člověk pohybuje. Hledání vhodného zdroje tepla pro domovní vytápění tak, aby splňoval požadavky ekonomické, ekologické, komfortní a další je velmi problematické.

Hlavní náplní práce je určení optimálního zdroje pro domovní vytápění. Budou porovnány dostupné technologie a na základě základních vlastností bude proveden základní návrh. Na závěr práce bude provedeno ekonomické zhodnocení.

#### **Cíle bakalářské práce:**

Rešerše dostupných technologií vhodných pro domovní vytápění.

Porovnání jednotlivých technologií.

Návrhy pro konkrétní dům.

Ekonomické posouzení návrhů.

#### **Seznam doporučené literatury:**

BALÁŠ, Marek. Kotle a výměníky tepla. Vyd. 2. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2013. ISBN 978-80-214-4770-7.

BROŽ, Karel. Vytápění. V Praze: Nakladatelství ČVUT, 2006, ISBN 80-01-02536-5.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2016/17

V Brně, dne

L. S.

---

doc. Ing. Jiří Pospíšil, Ph.D.  
ředitel ústavu

---

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.  
děkan fakulty

## **Abstrakt**

Tato bakalářská práce se zabývá různými zdroji tepla pro vytápění rodinného domu. První část práce je rešerše, kde je nejprve shrnuta historie vytápění, rozdělení energetických zdrojů a druhů otopných soustav a poté jsou srovnávány tradiční i netradiční zdroje tepla používané při domovním vytápění. V druhé části této práce jsou provedeny návrhy zdrojů tepla pro vytápění konkrétního domu a následně je na konci práce provedeno ekonomické vyhodnocení návrhů.

## **Klíčové slova**

Zdroje tepla, kotel, tepelné čerpadlo, solární vytápění, lokální topidlo, kogenerace, rekuperace

## **Abstract**

This bachelor thesis deals with various heat sources for heating the family house. The first part of the thesis is a research, where the history of heating is summarized, energy sources and types of heating systems are divided and then traditional and unconventional heat sources used in domestic heating are compared. In the second part of this work are made designs of heat sources for heating a specific house. And in the end of the work is made an economic evaluation of the designs.

## **Key words**

Heat sources, boiler, heat pump, solar heating, local heater, cogeneration, recuperation

## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE**

DRGA, P. *Zdroje tepla pro domovní vytápění*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2017. 85 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Marek Baláš, Ph.D..

## **PROHLÁŠENÍ**

Prohlašuji, že jsem práci na téma Zdroje tepla pro domovní vytápění vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce Ing. Marka Baláše, Ph.D. a s použitím odborné literatury a pramenů uvedených na konci mé práce.

---

V Brně dne

---

Pavel Drga





## **PODĚKOVÁNÍ**

Chtěl bych poděkovat vedoucímu mé bakalářské práce Ing. Marku Balášovi, Ph.D. za ochotu, trpělivost, cenné rady, připomínky a za poskytnutí výkresové dokumentace a informací ohledně rodinného domu, pro který byl navrhován zdroj tepla. Rovněž bych chtěl poděkovat celé své rodině za podporu během mého studia.



## Obsah

1 ÚVOD .....	13
2 HISTORIE .....	14
3 ZDROJE ENERGIE PRO VYTÁPĚNÍ .....	15
3.1 Obnovitelné zdroje energie .....	15
3.2 Neobnovitelné zdroje energie .....	15
3.3 Nejčastěji používané paliva a zdroje energie k domovnímu vytápění .....	15
3.3.1 Vybrané zdroje energie .....	16
4 OTOPNÉ SYSTÉMY .....	20
4.1 Lokální vytápění .....	20
4.2 Ústřední vytápění .....	20
4.3 Etážové vytápění .....	21
4.4 Dálkové vytápění .....	21
5 KOTLE .....	23
5.1 Kotle na tuhá paliva .....	23
5.1.1 Prohořivací kotle .....	23
5.1.2 Kotle se spodním hořením .....	24
5.1.3 Zplyňovací kotle .....	25
5.1.4 Automatické kotle .....	26
5.1.5 Akumulační nádrže .....	27
5.2 Kotle na kapalná a plynná paliva .....	27
5.2.1 Kotle na kapalná paliva .....	27
5.2.2 Kotle na plynná paliva .....	28
5.3 Elektrokotle .....	30
5.4 Kombinované kotle .....	31
6 LOKÁLNÍ TOPIDLA .....	33
6.1 Krby a kamna .....	33
6.2 Elektrické lokální topidla .....	34
6.3 Plynové lokální topidla .....	37
7 TEPELNÁ ČERPADLA .....	39
7.1 Systém vzduch–vzduch .....	40
7.2 Systém vzduch–voda .....	41

7.3 Systém země-voda.....	42
7.4 Systém voda-voda .....	43
8 SOLÁRNÍ VYTÁPĚNÍ.....	45
8.1 Pasivní solární systémy .....	45
8.2 Aktivní solární systémy .....	45
9 REKUPERACE TEPLA .....	52
10 MIKROKOGENERAČNÍ JEDNOTKY .....	54
11 KOMBINOVANÝ ZPŮSOB VYTÁPĚNÍ .....	56
12 NÁVRH ZDROJE TEPLA PRO RODINNÝ DŮM.....	57
12.1 Informace o objektu.....	57
12.2 Výpočet.....	57
12.3 Návrh 1 .....	58
12.4 Návrh 2 .....	60
12.5 Návrh 3 .....	61
12.6 Návrh 4 .....	63
12.7 Návrh 5 .....	64
13 ZHODNOCENÍ NÁVRHŮ .....	65
14 ZÁVĚR.....	67
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ .....	68
SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ .....	78
SEZNAM TABULEK.....	79
SEZNAM GRAFŮ.....	80
SEZNAM OBRÁZKŮ .....	81
SEZNAM PŘÍLOH.....	82
PŘÍLOHY.....	83

# 1 ÚVOD

Otázka výběru správného tepelného zdroje energie pro vytápění rodinného domu (dále jen RD) je v dnešní době velmi diskutovaná. Potřeba regulace teploty prostředí ve kterém žijeme je pro život lidí od nepaměti nepostradatelná a důležitá věc. Lidský druh, i když se dokáže přizpůsobit i velmi extrémním životním podmínkám, má z hlediska teploty prostředí ve kterém žije jisté limity. Pro správné fungování lidského těla je jeho teplota udržována kolem 36 °C. Lidským tělem je produkováno díky jeho biologickým pochodům teplo. Toto teplo je sdíleno mezi člověkem a okolím. Lidské tělo reaguje při zvýšené či snížené teplotě okolí různými reakcemi pro udržení své normální teploty. Pokud je okolím člověku odebráno více tepla než je člověkem vyprodukováno, hrozí mu podchlazení. Na druhé straně v případě, že se lidské tělo nedokáže účinně ochladit, je zde nebezpečí přehřátí organismu. Proto je pro osoby v obytných a pracovních prostorech nezbytné, aby jim bylo vytvořeno umělé klima pro zajištění tepelné pohody.

K docílení tepelné pohody je nutné zvolit chladicí a vytápěcí systém. Jednou z hlavních částí vytápěcího systému je zdroj tepla. Výběr zdroje tepla je nelehkým úkolem, neboť jsou kladeny požadavky zejména na pořizovací a provozní náklady, uživatelský komfort, dostupnost, uskladnění paliva, bezpečnost a případnou návratnost. Neméně důležitým kritériem je také dopad na životní prostředí. Volba ideálního zdroje tepla je důležitým krokem pro snížení celkových výdajů nutných pro fungování domácnosti, protože největší část výloh je z průzkumů obvykle tvořena právě náklady na vytápění. S vytápěním je rovněž spojeno stavební řešení, zateplení, lokalita objektu a celková regulace otopného systému.

Cílem této bakalářské práce je vzájemně srovnat dostupné zdroje tepla. Dále pro konkrétní dům provést možné návrhy těchto zdrojů a na závěr tyto návrhy ekonomicky posoudit.

## 2 HISTORIE

Už před dvěma miliony lety před naším letopočtem byl pračlověkem objeven velký potenciál v používání ohně. Ten byl využíván ve formě krytých či otevřených ohňů k přípravě pokrmů a vytápění jeskyně. Nejdříve nebylo známo, jak oheň založit, proto byl zprvu oheň jako zdroj tepla pouze udržován. Založit oheň se podařilo až o několik set tisíc let později. První doložitelné použití uhlí jako topiva v ohništi se datuje 23 000 let před naším letopočtem, kdy byl využíván lovci mamutů. [1] [2]

První kamna podobná dnešním byla využívána už 2 300 let př.n l. Původní předchůdce nynějšího ústředního vytápění byl vynalezen v Římě již v 80. letech př. n. l. Jako teplonosné médium<sup>1</sup> však bylo použito kouřového plynu, který byl veden v dutinových prostorech ve zdech a pod podlahou. Odchod kouře z obydlí byl řešen většinou primitivním otvorem ve stropě. Bylo spalováno zejména uhlí a dřevo. Ve 12. století byl tento systém ústředního vytápění zdokonalen v Sýrii, kdy byl z lokálního vytápění jednoho domu vytvořen systém, kterým byla pokryta potřeba vytápění pro celou ulici. Kombinací netěsností kanálů a použitím kouřových plynů byla však u těchto systémů zhoršena hygiena vytápěných objektů. Tento problém byl vyřešen výměníkem<sup>2</sup>, v němž byl vzduch pro vytápění místností ohříván od kouřových plynů. Jednoduchý výměník byl zhotoven přidáním druhé klenby nad ohništěm. V meziprostoru mezi klenbami byl situován vzduch pro vytápění. V 17. století byla prvně využita pára jako teplonosná látka pro vytápění skleníků v Anglii. Horká voda pro tyto účely byla užita až o dalších sto let později. První radiátor byl vyroben v roce 1855 v ruském Petrohradu a vůbec první bojler byl vynalezen v roce 1922. Na začátku 20. let 20. století bylo po vzoru vyspělejších států postupně v ČR rozvíjen obor teplárenství, tedy dálkové zásobování teplem. Elektrické vytápění bylo zavedeno v 60. letech. [1] [2]

V poslední době byly zdokonaleny kotle v oblasti jejich bezpečnosti, nižší tvorby emisí znečišťujících látek, technického a konstrukčního řešení, účinnosti spalování, regulace výkonu a obsluhy. Směr vývoje je určován postupně se zpřísňujícími zákony ohledně ekologičnosti a ochrany životního prostředí. Právě proto jsou stále více k vytápění využívány alternativní zdroje energie, zejména tepelná čerpadla, biomasa a solární energie. [1] [2]

---

<sup>1</sup> Pojmem teplonosné médium, či teplonosná látka je označována kapalina nebo pára, jež je teplo dopravováno z tepelného zdroje až ke spotřebičům. [110]

<sup>2</sup> Výměník je zařízení, kterým je sprostředkováváno průběžné či přerušované předávání tepelné energie. [111]

### **3 ZDROJE ENERGIE PRO VYTÁPĚNÍ**

Pro výrobu a dodávku tepla je důležitá tepelná soustava. Tepelnou soustavou je zajišťováno dodávání tepla z rozvodu do spotřebičů či do soustav pro ohřev. Součástí tepelné soustavy je otopná soustava, kterou je objekt pouze vytápěn. V případě, že je teplotním zdrojem dodáváno teplo určené pouze k vytápění, je otopná soustava totožná s tepelnou. V tepelné soustavě je obvykle obsažen tepelný zdroj pro výrobu tepla, rozvodné potrubí, spotřebiče tepla, regulační systémy, zabezpečovací zařízení a další prvky. Zdrojem tepla se rozumí zařízení pro získávání tepla. Jako tepelné zdroje jsou obvykle využívány různé druhy kotlů, tepelné čerpadla, tepelné výměníky a další. Tepelná energie je nejčastěji získávána z chemického procesu spalování paliv. Teplo pro vytápění však může být získávána i z energie sluneční a geotermálního původu, nebo též transformací z elektrické či jaderné energie. Ve výběru vhodných zdrojů energie je nahlíženo především na pořizovací cenu, provozní náklady, náročnost na obsluhu, emise, zátěž na životní prostředí, dostupnost, potřebu skladovacího prostoru, případně likvidace nespalitelných zbytků. Tyto zdroje mohou být rozděleny podle dopadu na životní prostředí na obnovitelné a neobnovitelné. [4] [5]

#### **3.1 Obnovitelné zdroje energie**

Jedná se o energetické zdroje, které jsou v přírodě samovolně regenerovány, jsou volně k dispozici a zároveň z pohledu lidí nevyčerpatelné.

Hlavní výhoda obnovitelných zdrojů energie je schopnost se částečně, nebo úplně obnovit. Při jejich používání nejsou vytvářeny jaderné odpady a škodlivé emise. Proto je využíváním neobnovitelných zdrojů méně devastováno životní prostředí a současně je napomáháno zpomalovat čerpání neobnovitelných zdrojů. Nevýhodou jsou efektivita, vyšší počáteční finanční náklady a technologická náročnost zařízení pro zpracování této energie, která musí být často akumulována. Mezi obnovitelné zdroje energie jsou zařazovány: energie sluneční, větrná, vodní, geotermální, energie prostředí, bioplyn a energie biomasy ve formě kusového dřeva, pelet, briket a štěpky. [4] [6]

#### **3.2 Neobnovitelné zdroje energie**

Na rozdíl od obnovitelných zdrojů jsou neobnovitelné zdroje na naší planetě obsaženy v omezeném množství. Tato energie je obnovována velmi dlouhý čas a v jistém horizontu let budou jejich zásoby vyčerpány.

Hlavní výhodou je nižší cena a dostupnost. Nevýhodou je dopad na životní prostředí tím, že jejich používáním je přispěno k znečištění ovzduší, ke skleníkovému efektu a také jejich vyčerpatelnost. Jako neobnovitelné zdroje jsou považovány hlavně: fosilní paliva (ropa, zemní plyn, uhlí) a jaderná energie. [4] [7]

#### **3.3 Nejčastěji používané paliva a zdroje energie k domovnímu vytápění**

V rozmezí let 2015-2016 byl proveden průzkum Českým statistickým úřadem, zaměřující se na strukturu spotřeby a způsobu využití jednotlivých paliv a energií. Bylo zjištěno, že domácnosti v RD nejčastěji získávají obecně teplo, bez ohledu na účel použití, z obnovitelných zdrojů a tuhých paliv. Na druhé straně domácnosti v bytových domech používají nejvíce teplo nakupované. Z hlediska spotřebovaných energetických jednotek se konkrétně na vytápění v domácnostech používají nejvíce obnovitelné zdroje (36 %) a nejméně

elektřina (3,8 %) a kapalná paliva (0,7 %). V tabulce 1 je vyjádřeno procentuální zastoupení paliv a energií používaných na vytápění v domácnostech ČR<sup>3</sup>. Z daného šetření vyplývá, že je vytápění řešeno u 36,2 % ze všech domácností zemním plynem, obnovitelnými zdroji u 24,7 %, tuhými palivy u 12,6 %, elektřinou u 9,5 % a 40,4 % je zásobeno teplem ze systémů centrálního zásobování tepla nebo blokových či domovních kotlen. [8] [9]

**Tabulka 1. Statistické procentuální vyjádření využívaných paliv a energií na vytápění v domácnostech ČR.<sup>4</sup> [8]**

Druh bytu	Elektřina	Zemní plyn	Nakupované teplo	Tuhá paliva	Obnovitelné zdroje	Kapalná a ostatní paliva
Byty v RD	14	54,3	0,5	27	52,9	0,8
Byty v BD <sup>5</sup>	6,2	22,8	70	2	3,8	0,1
Byty celkem	9,5	36,2	40,4	12,6	24,7	0,4

### 3.3.1 Vybrané zdroje energie

#### Černé a hnědé uhlí

Uhlí je levné, neekologické palivo. Díky zpřísnujícím se normám však je dnešními moderními kotli produkováno výrazně nižší množství emisí než staršími zařízeními. Černé uhlí ve srovnání s hnědým disponuje lepší výhřevností, nižšími emisemi i množstvím tuhého zbytku po spalení, nicméně je cenově dražší. [10] [122]

#### Koks

Je vyráběn pyrolýzou černého uhlí (zahříváním uhlí bez přístupu kyslíku). Oproti uhlí je výhoda ve vyšší výhřevnosti a nižších emisích. Z pevných paliv je nejméně náročný na skladování. [10] [121]

#### Biomasa

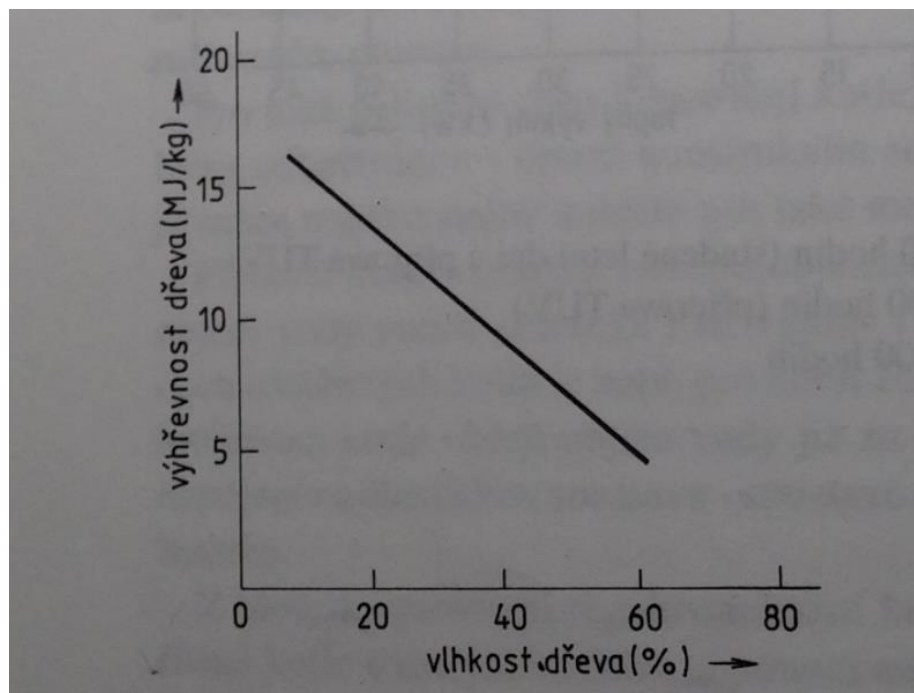
Biomasa je označována organická hmota, která je obvykle vytvářena jako odpad zemědělství, lesnictví a průmyslu. Momentálně je to jeden z nejlevnějších způsobů vytápění. Obvykle je využívána ve formě kusového dřeva, štěpky, pilin, pelet a briket. Kusové dřevo je tradiční zdroj tepla. Je doporučováno topit tvrdým dřevem pro delší hoření paliva a nižší množství popela po spalení. Naopak měkké dřevo je určeno především na zatápění a jako palivo do zplynovacích kotlů. Důležitým faktorem pro výhřevnost dřeva je jeho vlhkost (viz Graf 1). Nevýhodou obecně je nižší komfort obsluhy a potřeba skladovacích prostor. [10] [123]

<sup>3</sup> Ty domácnosti, které využívají pro potřebu vytápění více než jedno palivo, jsou v daném průzkumu započteny vícekrát, dle používaného paliva. Z toho důvodu se součet všech zastoupených podílů paliv nerovná 100 %. [8]

<sup>4</sup> Pozn.: Tuhá paliva jsou zastoupena hnědým a černým uhlím, koksem a uhelnými brikety. Mezi obnovitelné zdroje se zde zahrnuje palivové dřevo, dřevěné pelety, dřevěné brikety, rostlinná paliva a agropaliva. Kapalná paliva jsou tvořena z LPG, topné nafty a topného oleje. [8]

<sup>5</sup> Zkratkou BD je označován bytový dům. [8]





Graf 1: Závislost výhřevnosti dřeva na jeho vlhkosti [3]

### Zemní plyn

Jedná se o vysoce hořlavý plyn, jenž je složen především z plynných uhlovodíků. Výhodou jeho spalování jsou nižší emise a komfortní vytápění. Provozními náklady je řazen mezi uhlí a elektřinu. [10] [124]

### LPG

Jedná se o směs propanu a butanu. Je používáno zejména jako náhrada zemního plynu v místech, kde doposud nebyl zaveden. Výhodou je nižší dopad na znečištění ovzduší než u tuhých paliv a nižší provozní náklady než u elektřiny. Nevýhodou jsou ale vyšší provozní náklady oproti tuhým palivům. Dle potřeby je nezbytné, aby byly pořízeny tlakové lahve či zásobníky pro uskladnění. [125]

### Bioplyn

Je složen hlavně z metanu a oxidu uhličitého. Pro výrobu bioplynu, který lze využít jako zdroj pro výrobu tepelné nebo elektrické energie, jsou využívány bioplynové stanice. Bioplyn je vytvářen při anaerobním rozkladu organické hmoty z biologického odpadu vlivem bakterií, kvasinek či hub. Dále je tento plyn skladován v plynojemu a poté spalován v kogeneračních jednotkách, v nichž je současně vyráběna elektrická a tepelná energie. Tvorba tepla při anaerobní fermentaci biomasy je známa už od dob Jeana Paina, kdy bylo postaveno první zařízení pro tyto účely, tzv. biomilř. Výhody bioplynových stanic jsou výroba elektrické a tepelné energie, produkce kvalitního hnojiva, využití biologického odpadu a jedná se o obnovitelný zdroj energie. Mezi nevýhody jsou řazeny cena stanice a v některých případech získávání surovin pro chod procesu. Tento způsob vytápění však není v ČR zatím příliš rozšířen. [11] [12]

## **Lehký topný olej (LTO)**

Je to směs kapalných uhlovodíků. Na rozdíl od jiných evropských zemí u nás není příliš používán. Výhoda je vysoká výhřevnost a při spalování je produkováno menší množství škodlivin oproti tuhým palivům. Nevýhodou je vyšší cena a produkce škodlivin nežli u LPG a potřeba nádrže pro skladování. [126] [127]

## **Solární energie**

Je to ekologický a nízkonákladový zdroj bez znečišťování ovzduší s pohodlnou obsluhou. Je využívána zejména pro ohřev TUV, bazénů a přitápění. Často totiž není touto energií pokryta celá spotřeba tepla přes rok díky kolísání slunečního svitu a proto je obvykle sluneční energie používána v kombinaci s dalšími zdroji. [128]

## **Elektřina (přímotop, akumulace)**

Jedná se o čistý způsob vytápění. Hlavní výhody jsou poměrně nízké pořizovací náklady na přímotopy a snadná regulace. Provozní náklady bývají obvykle označovány jako velmi vysoké, ale ne vždy je toto tvrzení platné. Vždy je nutné, aby byla brána v úvahu potřeba tepla (viz Graf 2). Jako tepelný zdroj je nejlépe využívána v nízkoenergetických domech, naopak se nedoporučuje ve starých domech s vysokými tepelnými ztrátami. Při splnění jistých podmínek lze získat výhodnější sazbu na odběr elektřiny se dvěma tarify, kdy je elektřina během tzv. nízkého tarifu, který je platný přes den určitý počet hodin v určitých úsecích, odebírána za nižší cenu. Jsou nabízeny různé sazby, které jsou výhodné při vytápění tepelnými čerpadly, přímotopy či při akumulacím vytápění. [10] [13] [14]

## **Nízkoteplotní teplo okolního prostředí**

Je to obnovitelný a levný zdroj energie. Energie je získávána tepelnými čerpadly využívající elektřinu. Jako u ostatních elektrických vytápění je zde dobrá regulovatelnost, komfort a čistý provoz bez emisí a odpadu. Jejich největší negativum je vysoká pořizovací cena tepelných čerpadel, které toto teplo využívají. [63]

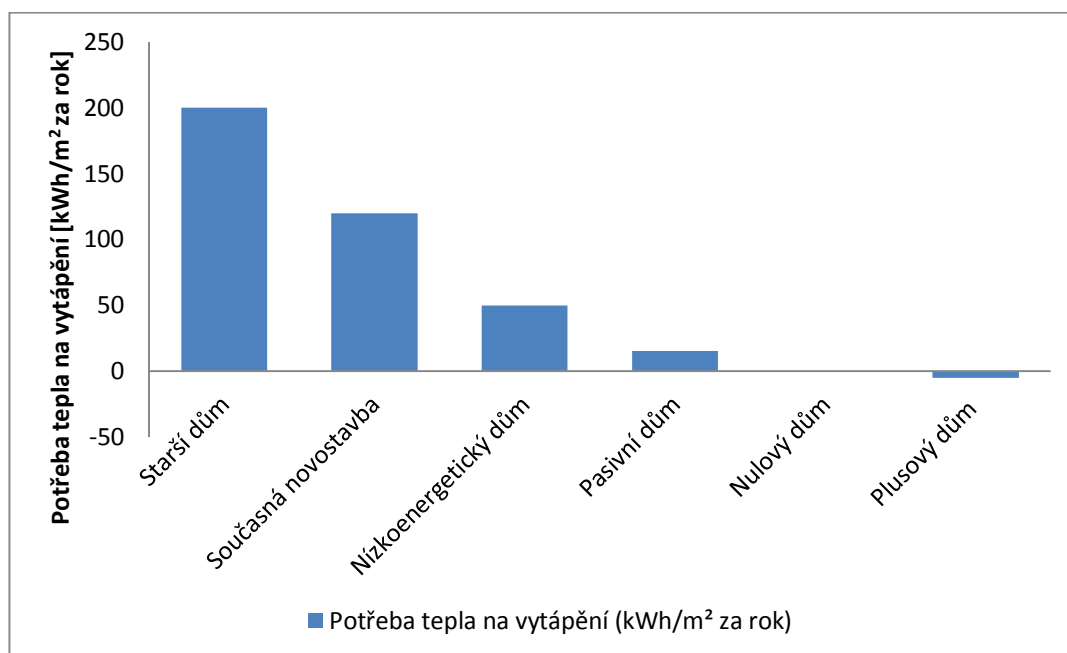
## **Odpadní teplo**

Při snaze aby bylo dosaženo co nejnižších ztrát a maximálního využití dostupné energie, je zpětné využití odpadního tepla jedním z řešení, jak finančně ušetřit. Je získáváno například z výrobních procesů, ze splaškových vod či z tepla vypouštěného do ovzduší při větrání a podobně. [15]

## **Centrální zásobování tepla**

Jedná se o bezobslužné a pohodlné vytápění, kdy je teplo vyráběno v centrálním zdroji (např. ve výtopně, teplárně, paroplynové teplárně nebo kogeneračním motoru) a poté transportováno tepelnými sítěmi k jednotlivým objektům do domovních předávacích stanic, kde je toto teplo dále využíváno k ohřevu teplotnosného média v otopných systémech. Výhodami jsou uživatelský komfort, jednoduchá regulace, není potřeba tepelného zdroje, cena při srovnání celkových nákladů s ostatními způsoby vytápění, spolehlivost a vyšší bezpečnost proti

výbuchu, požáru nebo otravě při uvolňování škodlivých emisí. Nevýhodou je nutnost existence sítí dálkového zásobování teplem v blízkém okolí. [16]



Graf 2: Potřeba tepla na vytápění v kWh/m² za rok pro různé kategorie domů [17]

## 4 OTOPNÉ SYSTÉMY

Pro každý objekt je nutné zvolit správný otopný systém, aby bylo efektivně využito zdroje tepla a zbytečně neplýtváno náklady na vytápění. Při této volbě je nezbytné řídit se všemi obecně platnými normami a předpisy. Otopným systémem je zpravidla označováno zařízení, zajišťující výrobu, rozvod a odevzdání tepla do vytápěných místností. Mezi hlavní části jsou řazeny zdroj tepla, rozvodné potrubí, armatury, pojistné zařízení a otopné tělesa. Jako vhodná teplotonosná látka je označována teplá voda. Vyznačuje se vysokým měrným teplem, takže systém může být složen z trubek malých průřezů. Důležitý je návrh teplotního spádu<sup>6</sup> teplotonosné látky, který je určován podle otopné soustavy, otopných ploch a zdroje tepla. V klasických soustavách se nastavuje nejčastěji 90/70 °C, 80/60 °C nebo 70/50 °C. U nízkoteplotních soustav jsou zpravidla teplotní spády 55/45 °C, 45/35 °C nebo 35/25 °C. Otopné soustavy lze rozdělit podle různých kritérií: [18] [19]

Podle oběhu otopné vody, který může být přirozený, kdy je využito rozdílných hustot studené a teplé vody. Nebo může být nucený, kdy je oběh zajištěn oběhovým čerpadlem. Podle teploty teplotonosné látky je možné odlišit soustavy teplovodní (do 110 °C), horkovodní (nad 110 °C) a nízkoteplotní (do 65 °C). Otopné systémy je možné dle umístění topidel a množství vytápěných obytných jednotek rozdělit na: [19]

### 4.1 Lokální vytápění

U lokálního (nebo také místního) vytápění je zdroj tepla umístěn v každé místnosti. Je nejjednodušším a v některých případech i nejvhodnějším způsobem vytápění malých prostorů, většinou jedné až dvou místností. Vhodný je také do malých bytů či do objektů s občasným užíváním. Zdroj může být v podobě různých topidel, jako jsou kachlová kamna, krby, plynová topidla, elektrické konvektory a podobně. [20] [21]

Lokální vytápění můžeme rozlišit na<sup>7</sup>:

- a) Konvektivní, kdy je ohříván především vzduch v objektu.
- b) Sálavé, kde je přenos tepla zprostředkován zejména sáláním.

### 4.2 Ústřední vytápění

Teplo pro vytápění, které je rozvedeno potrubím do všech místností nacházející se ve více patrech, je zde produkováno jedním společným zdrojem pro celou soustavu. Tento systém je vhodný pro vytápění větších objektů s vyšším počtem místností, neboť je to výhodnější většinou finančně a také z hlediska komfortu jak regulace, tak i z pohledu servisu a údržby jednoho centrálního zdroje. Navíc otopnými tělesy je zabrán v každé z vytápěné místnosti obvykle menší prostor než lokálními topidly. [20] [21]

---

<sup>6</sup> Teplotní spád je určen vstupující a vystupující teplotou teplotonosné látky v otopném tělese [18]

<sup>7</sup> Pozn.: Teplo je předáváno do místnosti vždy kombinací sálání, vedení nebo proudění. Nikdy ne pouze jedním druhem sdílení. [112]

### 4.3 Etážové vytápění

Jedná se o otopný systém podobný ústřednímu. Od jednoho zdroje je vyprodukované teplo rozváděno systémem trubkových rozvodů do otopných těles. Otopné tělesa ve vytápěných místnostech i zdroj jsou instalovány ve stejné rovině. Na rozdíl od ústředního vytápění zde není zprostředkován tepelný rozvod do dalších podlaží. [22]

### 4.4 Dálkové vytápění

Zdroj tepla není v blízkosti vytápěného objektu. Teplo je produkováno v teplárnách, elektrárnách či v blokových kotelnách a poté je za pomoci teplotnosného média (párou či tlakovou horkou vodou) dopravováno potrubím do výměníkové stanice vytápěného objektu. Jedná se o pohodlné řešení vytápění, avšak tepelná síť není rozšířena do všech lokalit. [23]

Otopné systémy lze rozdělit i podle způsobu přenosu tepla do vytápěné místnosti. To může být:

#### a) Otopnými tělesy

Jedná se o výměníky tepla mezi místnostmi a teplovodním médiem. Jde o nejvíce používaný systém. Tělesa mohou být článková (složena z jednotlivých článků), desková (dvě až tři duté desky, mezi kterými je teplovzdušná komora), trubková (tvořeny trubkami o různém průřezu uspořádané do registru nebo do topného hadu) a konvektory (topné registry s lamelami z kovu umístěny do skříně nebo šachty). [24] [25] [26]

#### b) Podlahové a stěnové vytápění

Jedná se o velkoplošné vytápění, kdy je otopná plocha tvořena podlahou, stěnou nebo stropem. Díky tomu, že je v místnosti vytápěno velkou výhřevnou plochou, zde postačí nižší teplota teplotnosné látky. Teplo je sdíleno převážně sáláním. Toto řešení je vhodné při použití tepelného čerpadla, kondenzační kotle či solárního systému, neboť je voda těmito zdroji ohřívána na nižší teplotu. Z pohledu rozložení teplot vzduchu v místnosti je nejvhodnější právě podlahové a stěnové vytápění. Je rozděleno dle provedení na teplovodní, elektrické, konvektorové a teplovzdušné. Na obr. 1 je zobrazeno uspořádání topných smyček u teplovodního podlahového vytápění. [21] [129]

#### c) Teplovzdušné vytápění

Tento systém je obvykle využíván u objektů s vyšší potřebou venkovního vzduchu. Teplovzdušné vytápění může být spojeno s **rekuperací** (viz kapitola 9 Rekuperace tepla). Oběh vzduchu může být řízený, kdy je vyvozen pomocí ventilátoru, nebo samovolný. Jedná se zejména o vytápění krbovými vložkami a kamny s teplovzdušným výměníkem. Dále o klimatizační jednotky, konvektory, solární teplovzdušné vytápění atd. Výhodou je plynové vytopení domu. [27] [28]



Obrázek 1: Podlahové teplovodní vytápění [29]

## 5 KOTLE

Kotle jsou zařízení, které jsou určeny pro ohřev teplotnosného média spalováním tuhého, kapalného, plynného paliva nebo směsi paliv. Ve speciálních případech se ohřev uskutečňuje odpadním teplem, nebo elektřinou. Jsou využívány pro vytápění v rodinných domech, bytových objektech či budovách občanské vybavenosti. [30] [31] [33]

Kotle je možné rozdělit podle mnoha různých hledisek. Jako základní rozdělení je určováno dle použití v energetické centrále, kdy se dělí na kotle elektrárenské, teplárenské a vytopenské. Dále podle použitého paliva dělíme kotle na tuhá, kapalná nebo plynná paliva či spalující směsi paliv. [30] [31] [33]

Dle polohy umístění v prostoru jsou kotle děleny na nástěnné a stacionární. Nástěnné mohou být instalovány na stěnu jakékoliv místnosti nebo i na kuchyňskou linku. Na druhé straně kotle stacionární jsou umísťovány do vyhrazených prostor (kotelny), kde jsou uloženy na základovém podstavci a zapojeny do systému odvodu spalin. [30] [31] [33]

### 5.1 Kotle na tuhá paliva

U těchto kotlů jsou nejčastěji využívány jako zdroj tepla fosilní paliva (hnědé a černé uhlí), upravená a zušlechtěná paliva (koks, brikety, dřevěné uhlí) a biomasa.

Dle způsobu podávání paliva můžeme kotle rozdělit na:

- kotle s ruční obsluhou,
- kotle s automatickým řízením. [32]

Dle způsobu spalování je můžeme rozdělit na kotle:

- s prohoříváním,
- se spodním hořením,
- se zplyňováním tuhého paliva. [32]

#### 5.1.1 Prohořívací kotle

Jsou to kotle, v nichž je spalování paliva prováděno přirozeným způsobem bez nuceného nasávání vzduchu ventilátorem. Při spalování je palivo postupně prohoříváno, přičemž hořlavé plyny a spaliny jsou vedeny skrz vrstvu paliva. Tento typ kotle je ideální pro paliva s nízkým obsahem prchavé hořlaviny<sup>8</sup>. [34] [35]

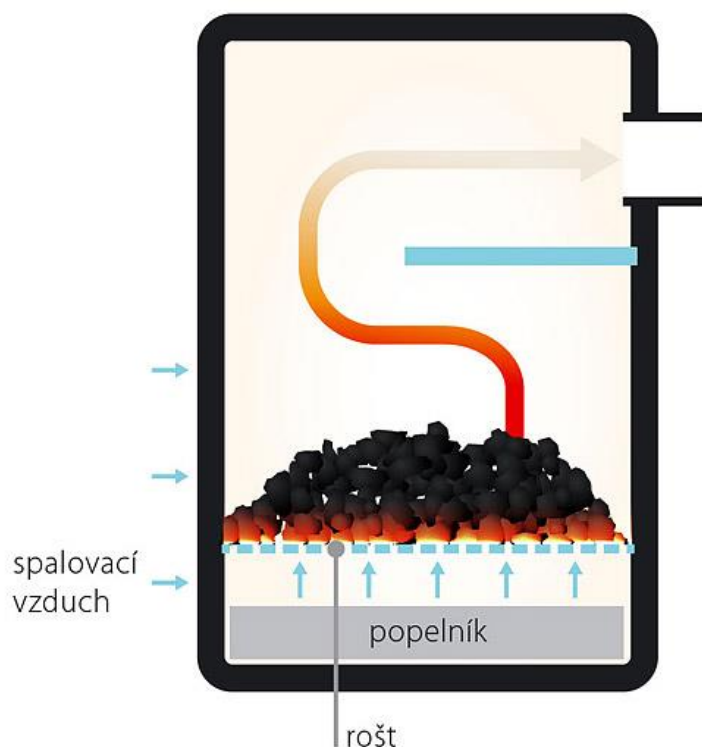
Palivo: koks, černé uhlí, kusové dřevo, pelety.

Výhody: jednoduchá obsluha, cena, rozměry, spalování i velkých kusů paliva, spolehlivost, životnost, čištění a jednoduchá konstrukce. [34] [35]

Nevýhody: nízká účinnost (40-70 %), vysoké emise škodlivých látek, špatná regulace přívodu spalovacího vzduchu a nerovnoměrné využívání paliva. [34] [35]

---

<sup>8</sup> Prchavou hořlavinou [%] je vyjádřeno množství uniklých hořlavých látek z uhelného vzorku při jeho ohřevu na teplotu kolem 850 °C při nepřístupu vzduchu. [113]



Obrázek 2: Prohořivací způsob spalování [36]

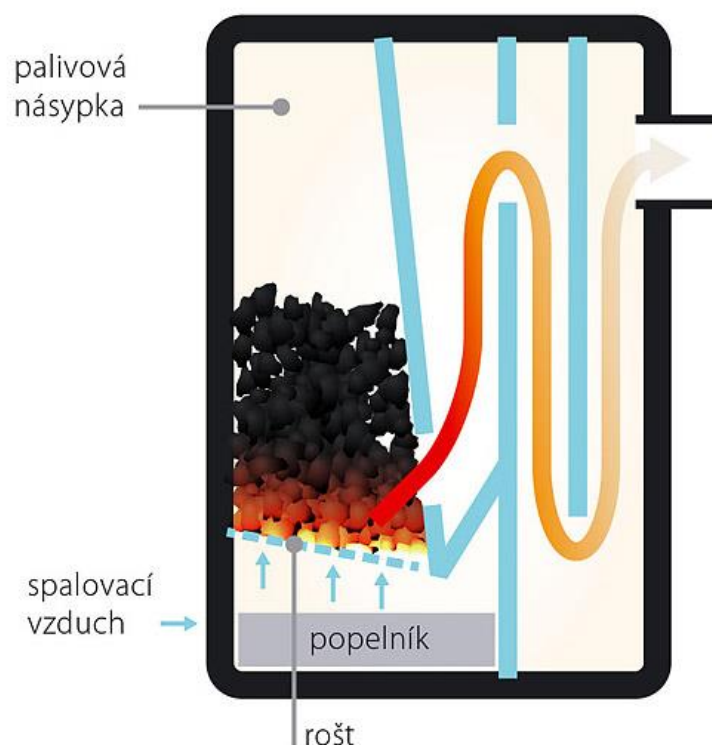
### 5.1.2 Kotle se spodním hořením

U tohoto způsobu hoření je spalována pouze spodní vrstva paliva, přičemž spaliny nejsou vedeny přes vrstvu spalovaného materiálu, ale jsou odváděny do spodní nebo boční části kotle. Tím je u spalín udržována vysoká teplota a jsou tak lépe spáleny. Palivo je přidáváno do prostoru nad ohništěm, z kterého je postupně sesouváno do spalovací komory. Odvod spalín je zde zprostředkován pomocí odtahového ventilátoru. Palivo: kusové dřevo, hnědé uhlí, pelety, štěpka, brikety. [32] [34]

Výhody: nižší produkce škodlivých látek, vyšší účinnost (50-75 %) oproti prohořivacímu způsobu spalování, kontinuální provoz, při dostatečně velké kapacitě zásobníku odpadá časté doplňování paliva. [32] [34]

Nevýhody: složitější konstrukce kotle, cena, spíše pro menší kusy paliva. [32] [34]





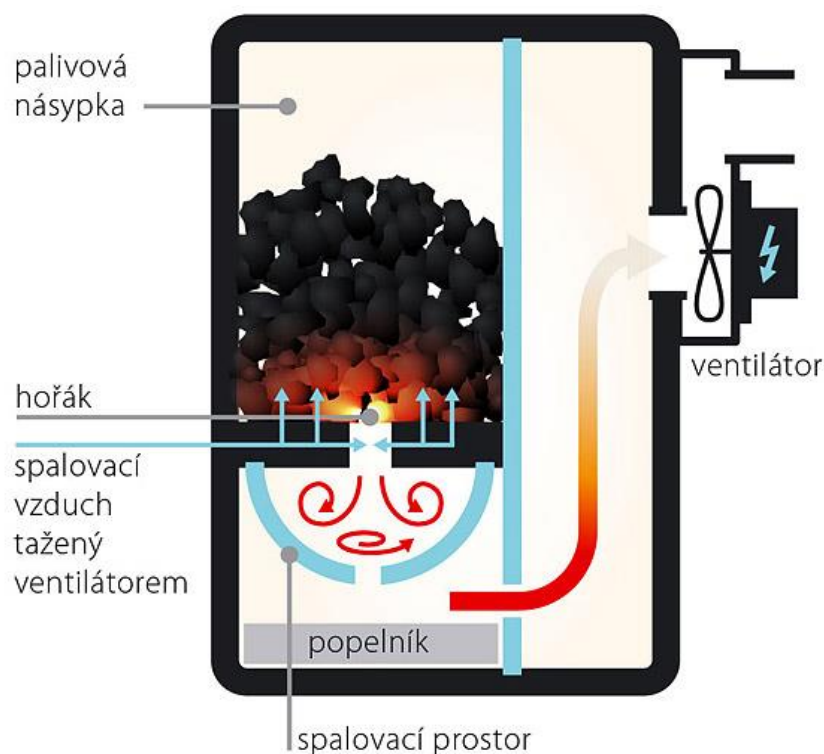
Obrázek 3: Kotel se spodním hořením [37]

### 5.1.3 Zplyňovací kotle

Jsou provozovány na principu dvoustupňového spalování za vysokých teplot. Primární vzduch je vháněn do příkladací komory a sekundární vzduch do spalovací komory. V příkladací komoře je nejdříve palivo vysušeno a jsou z něj uvolněny prchavé složky paliva za omezeného přístupu vzduchu. Vzniklý dřevoplyn je vháněn do spalovací komory (ta je umístěna níže), kde je spalována směs tohoto plynu se zavedeným sekundárním spalovacím vzduchem. Poté jsou spaliny odváděny přes hlavní teplovodní výměník do komína. Tyto kotle jsou podtlakové a musí být vybaveny odtahovým ventilátorem k odvodu kouře z kotle. Palivo: pelety, štěpka, hnědé a černé uhlí. [32] [34]

Výhody: vysoká účinnost (75-85 %), nízké emise, automatické řízení spalování, regulace množství spalovaného paliva a podtlaku ve spalovací komoře, nižší nároky na údržbu a čištění. [32] [34]

Nevýhody: cena. [32] [34]



Obrázek 4: Zplyňovací kotel [38]

#### 5.1.4 Automatické kotle

Tento typ kotle je vybaven velkým palivovým zásobníkem. Palivo je z něho automaticky dopravováno pomocí tzv. šnekového podavače nebo otáčivým válcovým roštem až k místu hořáku, kde je i automaticky zapalováno. Dávkování je pro maximální efektivitu provozu rovněž automatické a je řízeno řídicí jednotkou napojenou na termostat dle nastavené cílové teploty např. vody či spalin. Také je možné, aby bylo spouštění dopravníku nastaveno cyklicky s předurčenou dobou plnění a prodlevou. Z toho důvodu je u automatických kotlů oproti klasickým dosahováno vyšší účinnosti (kolem 90 %) a stabilnějšího spalovacího procesu a požadovaného výkonu. Navíc jsou díky automatickému řízenému spalování více ekologické a uživatelsky komfortní. „U automatických kotlů pro ústřední vytápění je možné se setkat se spalováním na roštu, speciálními hořáky, s hořákovým provedením spalovací komory, se spodním přívodem paliva nebo zplynováním.“ [39] V automatických kotlích je obvykle umožněno spalovat více druhů paliv. Palivem musí být vzhledem k automatickému systému přikládání splněny určité požadavky, zejména na velikost. U zařízení s automatickým řízením spalování je možné narazit na odlišné řešení konstrukce topeniště: [39]

- Topeniště se spodním přívodem paliva,
- s příčným přívodem paliva,
- se shazováním paliva,
- pro spalování rostlinné biomasy,
- a s otočným válcovým roštěm.

Palivo automatického kotle: uhlí, různé druhy pelet, štěpka, obilí. [39]

Výhody: Oproti klasickým kotlům s ruční příkládáním menší náročnost na obsluhu (bez obsluhy mohou být provozovány i několik dní, dle velikosti zásobníku), optimální spotřeba paliva podle aktuální potřeby, vysoká účinnost, nižší provozní náklady, ekologický provoz. [39] [40]

Nevýhody: Vyšší pořizovací cena, musí být přizpůsobena paliva. [39] [40]

Mezi hlavní **výhody** kotlů na tuhá paliva patří obecně nižší cena paliv, nízká produkce škodlivin u novějších kotlů a dostupnost. [32] [33] [34]

**Nevýhody** těchto kotlů jsou zejména potřeba skladovacího prostoru, servisování kotle a komínu, nižší uživatelský komfort z hlediska příkládání a čištění a vysoké emise u starších kotlů. [32] [33] [34]

### 5.1.5 Akumulační nádrže

U moderních kotlů na pevná paliva je provoz se sníženým výkonem obstarán automatikou a programováním. I přesto je účelné, aby byl kotel provozován na jmenovitý výkon a nadbytek tepla vzniklý rozdílem mezi dodávkou a odběrem akumulován zapojením tepelného zásobníku.

Navrhovaný kotel je dimenzován na pokrytí tepelných ztrát na nejnižší výpočtovou teplotu. Ta většinu topného období nemusí nastat. Kotle na tuhá paliva většinou mohou být provozovány jen v určitém rozmezí svého výkonu, neboť při nižších výkonech je zvyšována produkce škodlivin, snižována účinnost, zkrácována životnost kotle a i komín je více zanášen. Vyprodukované teplo je tedy obvykle v nadbytku. Zásobníkem je teplo ukládáno při provozu na jmenovitý výkon. Nebo je zdroj tepla lehce poddimenzován a poté špičkový odběr tepla pokryt zásobníkem. Zásobníkem je zajištěna vysoká účinnost kotle, kdy je kotel provozován v optimálním výkonu. Rovněž je i snížena náročnost na obsluhu a také je eliminována kondenzace spalin v komíně. Je zde možnost přípravy i TUV. Akumulační nádrže lze připojit i na další tepelné zdroje, například na solární kolektory, tepelné čerpadla, krbovou vložku atd. Objem nádrže je obvykle okolo 500 – 1500 l. Vhodný objem je stanovován dle zdroje tepla a spotřeby TUV či vody na vytápění. [19] [41]

## 5.2 Kotle na kapalná a plynná paliva

Tyto kotle jsou ve vytápění nejvíce uplatňovány, zejména díky jednoduché konstrukci, údržbě, čistotě provozu a minimální produkci škodlivin. Hlavní rozdíl ve srovnání od kotlů na tuhá paliva spočívá ve větší výhřevnosti paliv, menších ztrátách a odpadá zde potřeba odvádění tuhého zbytku po spálení. Tato skutečnost je vyvážena nákladnějším palivem. [32]

### 5.2.1 Kotle na kapalná paliva

Jsou využívány hlavně v objektech, které nejsou napojeny na inženýrskou síť a kde se nevyplatí topit klasickými topidly na pevná paliva. Konstrukce těchto kotlů je podobná kotlům na plyn, liší se zejména jiným typem hořáků. Je zde nutnost skladovací nádrže. Palivo: lehký a extralehký topný olej, nafta. [42]

**Výhody:** relativně levný a bezobslužný provoz, účinnost, životnost, nízké emise.[42]

**Nevýhody:** pořizovací náklady, nutnost prostoru pro umístění zásobníku, pravidelné zásobování.[42]

### 5.2.2 Kotle na plynná paliva

V současné době díky dostupné síti veřejných plynovodů je to jeden z nejrozšířenějších zdrojů tepla. Palivo: zemní plyn, propan, bioplyn a další technické plyny.[30] [44]

Podle možného způsobu provozu je dělíme na:

#### 1) Kotle klasické

Jsou navrhovány pro provoz se suchými spaliny. Jejich účinnost je okolo 90 %. Nejnížší možná teplota vracející se teplotnosného média je omezena na 60 °C, čímž se zamezuje kondenzování vodní páry v tepelném výměníku. Z toho důvodu, aby nedocházelo ke kondenzaci vlhkosti z vodní páry, je kotel v místě při připojení na otopnou soustavu opatřen zařízením pro zabezpečení dostatečně vysoké teploty vstupující vody. Teplota odcházejících spalin je okolo 140 °C. Nicméně, nařízení komise Evropské unie č. 813 z roku 2013 zakazuje až na výjimky výrobu a distribuci těchto kotlů od září roku 2015 z důvodu snižování vypouštění škodlivých emisí. [43] [44] [28]

#### 2) Kotle nízkoteplotní

Jedná se o jakýsi mezistupeň mezi kotlem klasickým a kondenzačním. Nízkoteplotní kotel je navržen na provoz se suchými spaliny, avšak teplota vstupující vody se může pohybovat okolo 35-40 °C, takže v kotli za jistých podmínek dochází ke kondenzování vodní páry. Vzhledem k tomu je nutné, aby byla teplosměnná plocha z dostatečně korozivzdorného materiálu. Díky své konstrukci je zde využíváno citelného tepla spalin jejich vychlazením. Teplota odcházejících spalin je okolo 90 °C. Jsou vhodné do systémů s vyšším teplotním spádem. Účinnost kotle je okolo 93 %. [44] [28]

#### 3) Kotle kondenzační

Oproti ostatním plynovým kotlům, u kterých jsou spaliny odváděny přímo do komína, jsou tyto kotle navrženy na kondenzační provoz. V kotli dochází ke kondenzaci vlhkosti z vodních par ze spalin, které jsou ochlazený pod teplotu rosného bodu<sup>9</sup>. Teplosměnná plocha je proto tvořena z korozivzdorného materiálu. Využívání kondenzačního tepla zvyšuje účinnost až na hodnoty 108-109 %. Účinnost je závislá na teplotě vratné vody. Pokud je tato teplota 30 °C, zpravidla je teplota odcházejících spalin, přibližně 45 °C. Na obr. 5 je zobrazeno schéma provozu atmosferického a kondenzačního kotle. [44] [28]

Účinnost žádného stroje nepřesáhne nikdy 100 %. Obvykle je účinnost stupeň využití paliva. Ale u kondenzačního kotle není brána v potaz pro posouzení stoprocentní hranice spalné teplo, ale výhřevnost. Maximální kondenzací je možné získat teplo přibližně o

---

<sup>9</sup> Rosný bod charakterizuje teplotu, při které dochází k nasycení vzduchu. Při poklesu pod tuto teplotu nastává kondenzace (zkapalnění) vodních par. [106]

velikosti 11 % výhřevnosti zemního plynu. Ochlazením spalin proběhne změna skupenství a tím dochází k odevzdání určité části tepla v tzv. kondenzačním výměníku kotle. Z nejvyšší možné účinnosti 111 % se po odečtení ztrát nevyužitého kondenzačního tepla, ztrát spojených s odvodem spalin a vysáláním do okolí dosahuje na obvykle uváděnou hodnotu kondenzačních plynových kotlů 108 %. [45]

Pro srovnání je v Tabulce 2 uvedena výhřevnost a spalné teplo některých paliv:

**Tabulka 2: Základní energetické vlastnosti paliv [30]**

<b>Druh paliva</b>	<b>Výhřevnost <math>H_u</math> (MJ/kg)</b>	<b>Spalné teplo <math>H_o</math> (MJ/kg)</b>
Dřevo	17	19-20
Koks	26-28	30-34
Brikety	23-26	29-32
Hnědé uhlí	15-17	22-24
Černé uhlí	32	31-34
Lehký topný olej	38-41	39-43
Těžký topný olej	36-39	38-40
Propan <sup>10</sup>	92,8	100,08
Zemní plyn <sup>10</sup>	34	37,78

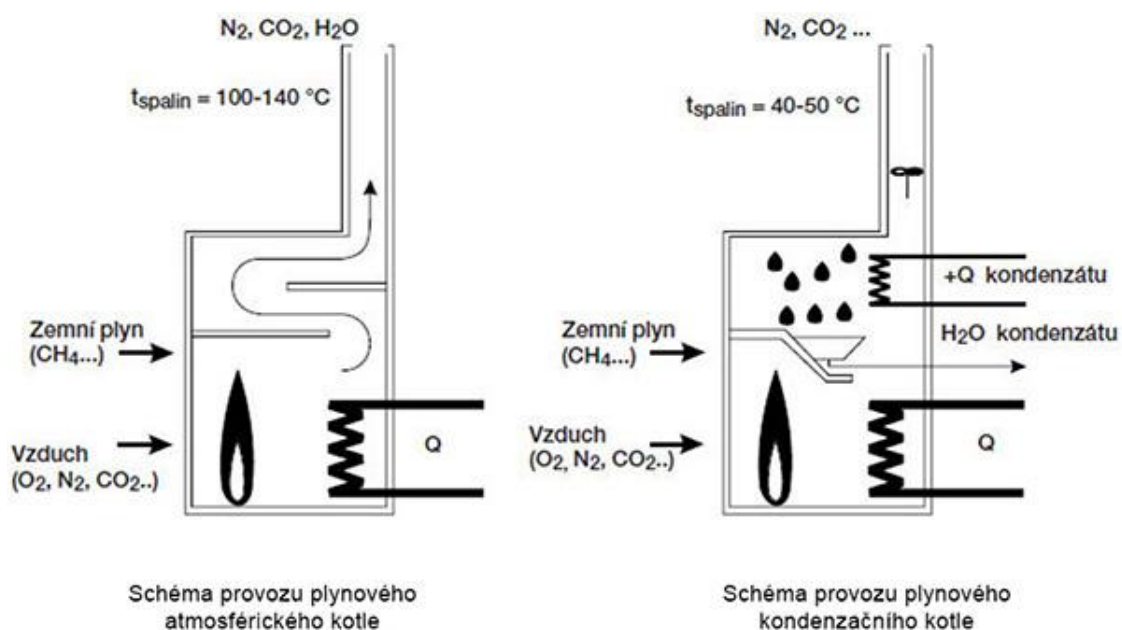
Kotle využívající plynná paliva lze dělit dle způsobu použití na kotle:

- a) určené pouze pro vytápění objektu,
- b) s ohřevem teplé užitkové vody.[30]

**Výhody** kotlů na plyn: přijatelná cena kotlů a paliva, automatická regulace, vysoká výhřevnost zemního plynu, účinnost v širokém výkonovém rozmezí, odpadá starost s dopravou paliva, nízké nebo žádné emise škodlivin (vyjma CO<sub>2</sub> a NO<sub>x</sub>). [47]

**Nevýhody:** cena plynu, nezbytnost přívodu plynu v dané lokalitě, nebezpečí spojené se závadou na plynových rozvodech, revize kotle i komínu, nutnost plynové přípojky a vhodného komínu. [47]

<sup>10</sup> Výhřevnot je udávána v MJ/m<sup>3</sup>[30]



Obrázek 5: Schéma klasického a kondenzačního plynového kotle [48]

### 5.3 Elektrokotle

Lze je rozdělit na elektrodové a odporové elektrokotle. U Elektrodových je voda ohřívána průchodem elektrického proudu. Použitý střídavý proud však musí být dostatečně kvalitní (bez stejnosměrné složky), aby nedocházelo k rozkládání vody na výbušnou směs. Elektrodové kotle jsou používány zejména v centrálních kotelnách. Odporové kotle jsou naopak využívány pro etážové a ústřední vytápění. Princip vytápění je založen na proudění teplotnosného média, většinou vody, kolem elektrických odporových těles, čímž je ohřívána a poté rozháněna čerpadlem do jednotlivých radiátorů nebo do systému podlahového a stěnového vytápění. Jednotlivá odporová tělesa jsou sepnuta vždy v časovém odstupu, aby nedocházelo k nadměrnému zatěžování sítě při sepnutí. Provoz kotle je možné ovládat buď manuálně pomocí ovládacího panelu na kotli, prostorovým termostatem umístěným v referenční místnosti, či spínacím signálem z nadřazeného řídicího systému. Využívají se jako hlavní či jako bivalentní<sup>11</sup> zdroj. [49] [19]

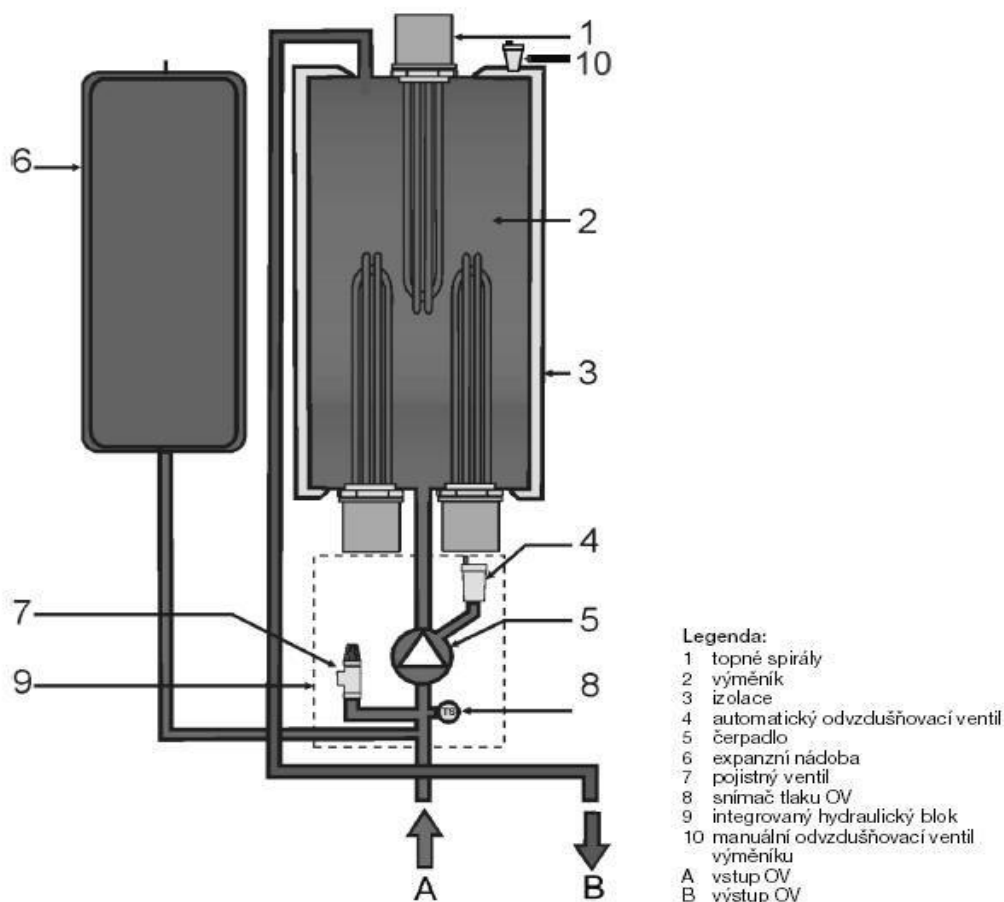
Lze je také rozdělit na kotle přímotopné, u kterých je potřebné mít výkon tělesa shodný s aktuální nejvyšší spotřebou tepla v objektu a dále na kotle s akumulací tepla do nádrže s vodou, kdy je s výhodou čerpána elektřina během levnějšího tarifu a nashromážděná energie je využívána později. [49] [19]

**Výhody:** vysoká účinnost, tichý a bezúdržbový provoz, uživatelský komfort, jednoduché ovládání, nízká pořizovací cena, dlouhá životnost, ekologičnost (spaliny jsou nepřímo produkovány při spalování fosilních paliv v elektrárnách), elektrokotel ve srovnání s plynovým kotlem a kotlem na tuhá paliva nejsou nutné pravidelné revize. [49] [19]

<sup>11</sup> Jedná se o zapojení dvou zdrojů tepla, které se navzájem doplňují při nepříznivých provozních podmínkách. [120]

**Nevýhody:** vysoké provozní náklady, zatížení elektrické sítě, nutnost elektrické přípojky. [49]  
[19]

Pracovní schéma kotle



Obrázek 6 Schéma elektrického kotle [50]

## 5.4 Kombinované kotle

Existují kotle, v kterých je možné topit různým druhem paliva bez úprav na kotli. Dle typu zabudovaného hořáku se většinou jedná o kombinace paliv: dřevo + pelety, dřevo + zemní plyn, dřevo + extralehký topný olej a uhlí + pelety. [51]

Konstrukce takového kotle je řešena třemi komorami posazenými nad sebou, z nichž vrchní dvě slouží ke zplynování dřeva a nejspodnější je opatřena požadovaným hořákem na spalování alternativního paliva. Odvod spalin je řešen společným výstupným hrdlem a proto je nutný jen jeden komín. Pojmem „kombinovaný kotel“ je také označováno zařízení, které dokáže vytápět objekt a zároveň zajišťovat ohřev TUV. [51]

**Výhody:** možnost kombinace více druhů paliv (nezávislost na jednom druhu paliva), možnost změny hořáku dle potřeby, úspora prostoru, postačí jeden komín a kouřovod. [51]

**Nevýhody:** vysoká pořizovací cena, avšak menší, než dva rozdílné kotle na různé paliva. [51]



Obrázek 7 Kombinovaný kotel Atmos DC 18 SP [52]



## 6 LOKÁLNÍ TOPIDLA

Jsou to zařízení, u kterých vyprodukované teplo není předáváno do otopného systému, ale přímo do okolí v místnosti, v níž se nachází. Využívají se tedy přednostně pro lokální vytápění, ale některé typy lze napojit do vytápěcího systému a použít je současně jako hlavní zdroj tepla.

Přímotopy lze rozdělit na: a) Krby a kamna b) Elektrické lokální topidla c) Plynové lokální topidla [57]

### 6.1 Krby a kamna

Byly používány hojně v minulosti, avšak poslední dobou zažívají návrat do domácností především z estetických důvodů, ale rovněž i jako levný způsob vytápění, díky jejich modernizaci a tím zvýšení účinnosti. Hlavní rozdíl mezi krbem a kamny je ten, že krby jsou vystaveny napevno v budově a mají prostor topeniště otevřený, kdežto krbová kamna mají ohniště uzavřené a nejsou v budově napevno. [54]

Klasický krb s otevřeným ohněm je uplatňován vzhledem ke své nízké účinnosti (cca 10-30 %) v dnešní době zejména jen jako dekorace nebo pro příležitostné vytápění. Vylepšení přinášejí krbová kamna, které jsou oproti tomu mnohem účinnější (až 85 %) a jejich zabudování do interiéru je jednoduché. Účinnost klasického otevřeného krbu je možné zvýšit vložením krbové vložky, čímž se více akumuluje teplo a zároveň je oheň uzavřen za dvířka, což přináší zvýšení bezpečnosti. Instalace těchto vložek či stavba krbů samotná je nárůzdíl od krbových kamen náročnější jak z hlediska práce tak i financí. Vložka musí být umístěna blízko komínu, zabudována a obestavěna či obložena. Existují dva druhy krbových vložek: [54]

a) Jednoplášťová vložka:

Pomaleji se rozehřívá, ale má větší akumulaci schopnost. Převážná část tepla je předávána přes sklo a pomocí obezdívky.

b) Dvouplášťová vložka:

Vzduch je ohříván mezi dvěma pláštěmi a poté je vháněn zpět do místnosti. [53] [57]

Krbové vložky a kamna můžeme používat nejen k lokálnímu topení, ale také k vytápění celého domu, je-li jejich součástí tepelný výměník. Ten může být:

a) Teplovodní výměník: Voda v něm je ohřívána a následně rozváděna do radiátorů.

b) Teplovzdušný výměník: Je zde využita cirkulace vzduchu v interiéru, tedy samovolné stoupání horkého vzduchu anebo je rozváděn po celém domě prostřednictvím ventilátorů.

Palivo: uhlí, dřevěné brikety, pelety. [53] [57]

Existují i tzv. akumulaci krby, kamna nebo krbová kamna, které jsou postaveny tak, že za pomoci využití akumulaci prvků dokáží teplo absorbovat a dále ohřívát objekt i několik

hodin po uhasnutí ohně. Akumulačním prvkem může být voda v zásobníku nebo materiál akumulární hmoty. Například krby a kamna šamotové či kachlové. [53]

**Výhody** krbových kamen a vložek: pořizovací cena a instalace krbových kamen, cena za paliva, možnost zapojení výměníku do okruhu ústředního vytápění, design, rychlá montáž, moderní krbová kamna a vložky jsou vysoce účinná, ekologická a mají regulovatelný výkon. [53] [54] [57]

**Nevýhody:** instalace a cena krbové vložky, častá obsluha, údržba a při teplovzdušném vytápění dochází k víření prachových částic a uvolňování alegrénů do ovzduší. [53] [54] [57]

## 6.2 Elektrické lokální topidla

Použití elektrických přímotopů je doporučeno především tam, kde je nutné rychle zatopit, nebo v místnostech, jež nejsou často používány. Jejich největší předností je nízká pořizovací cena a komfortní obsluha. Obvykle se využívají jako doplňkový zdroj tepla v kombinaci s jiným způsobem vytápění, neboť by jejich použití jako hlavní zdroj bylo značně finančně nákladné. Tyto zařízení obvykle pracují na principu výměny vzduchu o různých teplotách. Některé moderní přímotopy jsou vylepšeny o akumulární desku pro zvýšení účinnosti a doby vytápění. Můžou obsahovat ventilátor pro rychlejší výměnu vzduchu. Přímotopy lze zakoupit v různých výkonech, provedení a velikostech. Setkáme se zejména s konvektory, malými přenosnými teplovzdušnými ventilátory, infrazářiči, topnými panely, olejovými radiátory a podobně. [55] [56] [57]

### Nástěnné konvektory

Jedná se o konvekční topidla se stabilním upevněním a pevným přívodem elektřiny. Obvykle jsou připojena na centrální regulaci. Teplo je předáváno konvekcí. Studený vzduch je nasáván v dolní části zařízení, poté mu je předáno teplo z odporových článků a následně je ohřátý vzduch vrchní vyfukovací mřížkou přirozenou výměnou teplého a studeného vzduchu nebo ventilátorem rozháněn po místnosti. Existují také elektrické konvektory, které jsou zabudované v podlaze ve žlabu s mřížkou. Vzduch nasávaný ventilátorem je ohříván při průchodu kolem topného tělesa. Při uvolňování tepla je ze stoupajícího vzduchu vytvořena teplotní clona, která funguje jako ochrana před místy s největšími úniky tepla jako jsou balkonové dveře, okna atd. K cirkulaci vzduchu jsou některé konvektory vybaveny i ventilátorem. Kromě stěny a podlahy bývají umísťovány také na stropě, kde bývají obvykle propojeny s klimatizační jednotkou. Výhodou krytých konvektorů v podlaze či na stropě je jejich nenarušování interiéru. (Podlahové konvektory mohou být i teplovodní, kdy jsou napojeny na ústřední vytápění jako ostatní otopná tělesa. Ve žlabu je vzduch ohříván při průchodu kolem tepelného výměníku.) [3] [57]

### Teplovzdušné ventilátory

Jsou to lehká přenosná doplňková topidla, využívající k sdílení tepla konvekci. Elektrická energie se zde přeměňuje na teplo v odporových člancích a dále je ventilátorem rozháněna po místnosti. Výhodou je, že je urychlena cirkulace teplého vzduchu a zároveň může být přesně nasměrován na místo, které má být vyhříváno. Ideální pro lokální příležitostný ohřev, pro

zátop dlouho nevytápěné místnosti. Při chodu je doporučeno zařízení kontrolovat z bezpečnostních důvodů. [3] [57] [59]

### **Konvekční topidla**

Jsou to přenosná keramická či oceloplechová topidla často obsahující také ventilátor. Vzhledem k tomu, že obsahují zapouzdřené spirály nebo patrony, je lze používat bez trvalého dozoru. Oproti teplovzdušným ventilátorům jsou masivnější a s tím je spojena i jejich delší životnost. Některá topidla jsou ovládána termostatem. [3] [57]

### **Infračervené zářiče**

Na rozdíl od teplovzdušných konvektorů pracují na principu šíření tepla sáláním. Zářičem je emitováno krátkovlnné elektromagnetické vlnění, volně procházející vzduchem, přičemž není ohříván vzduch. Na teplo je přeměno až po dopadu na předměty, plochy či osoby, od kterých je až sekundárně ohříván okolní vzduch. Oproti teplovzdušným konvektorům v místnosti nevíří vzduch a prach, proto jsou vhodné pro alergiky. Díky bodové charakteristice záření je možné docílit zónového vytápění a tím vytápět relativně malý prostor. Důležité je jejich správné umístění, neboť zářiče potřebují volný prostor pro rovnoměrný rozptyl sálání. Hlavní nevýhodou je produkce tepla jen v případě, pokud jsou zapnuty. Infrazářiče jsou rozděleny na základě toho, v jaké části infračerveného spektra je zářičem vyzařována největší část svého výkonu:

- a) Krátkovlnné (NIR): Označují se jako quartzové zářiče. Vlnová délka se pohybuje v rozsahu 900-1400 nm a dosahují teplot kolem 1800-2700 °C. Je zde produkována také světelná část spektra (zářič svítí většinou do běla). Nejčastěji je konstrukce řešena trubicí z křemenného skla naplněnou inertním plynem, kterým je propouštěno blízké infračervené záření. Uvnitř se nachází vlákno (spirála) z wolframu zahřáté na vysokou teplotu. Vhodné pro vytápění prostorů, jež nelze efektivně vytápět jiným způsobem, tedy venkovní prostory, velké haly, terasy, pergoly a při zónovém vytápění pracovišť.
- b) Středněvlnné (CIR): Vlnová délka bývá 1400-3000 nm a dosahovaná teplota se pohybuje okolo 1000 °C. Emitují mimo sálavého tepla také světelné spektrum (zářič bývá rozžhaven do červené barvy), avšak světelný podíl je menší než u NIR zářičů. Díky nižším teplotám oproti krátkovlnným zářičům jsou vhodnější pro instalování do větší blízkosti osob.
- c) Dlouhovlnné (LIR): Záření je vyzařováno na delších vlnových délkách okolo 3000-10000 nm, a proto se u nich nevyskytuje světelný efekt. Jsou dosahovány teploty kolem 500 °C a topná tělesa jsou převážně keramické nebo hliníkové. Provedení zářičů je různorodé, od trubkových po deskové. Přednostně jsou využívány pro vytápění trvale obývaných a dobře izolovaných místností. [3] [56] [57] [58]

### **Sálavé panely**

Jsou to přímotopné deskové panely, kde je přenos opět zprostředkován sáláním. Bývají umístovány obvykle na stěnu nebo strop. Jsou složeny z krycí desky, topného elementu a termostatu. Krycí desky jsou obvykle vyráběny z přírodního kamene, tvrzeného skla nebo kovu s povrchovou teplotou přibližně 80-100 °C. Svým vzhledem přispívají k estetické

kvalitě interiéru. Topným elementem je často tkaná topná fólie na bázi grafitu. Provoz je tichý a snadno regulovatelný. Topné panely s potiskem jsou někdy označovány jako topné obrazy. Většinou slouží pro příležitostné ohřívání například v koupelnách nebo ložnicích. [3] [57]

### **Sálavé konvektory**

Jedná se o jakousi kombinaci zářičů a obyčejných konvektorů. Část tepla je vyzářena pláštěm topidla v podobě infračerveného záření a zbytek je produkován konvekcí při ohřevu vzduchu v zařízení. To přináší skloubení výhod obou typů do jednoho. [3] [57]

### **Elektrické olejové radiátory**

Jsou to masivní topná zařízení, obsahují topnou spirálu, jež nahřívá olej uvnitř. Ten vzniklé teplo dále šíří do žeber, od kterých je ohříván vzduch z místnosti. Některé modely můžou být pojízdné na kolečkách, zásluhou čeho je snadnější jejich mobilita. Na rozdíl od ostatních přímotopů mají vysokou tepelnou setrvačnost, díky níž dochází k ohřevu i nějakou dobu po vypnutí, ale také se déle nahřívají na plný výkon. [3] [57] [59]

### **Přímotopné kabely, topné rohože a fólie**

Jde o podlahové, stropní a stěnové elektrické vytápění. Topným elementem je elektrický odporový kabel u přímotopných kabelů, u topné rohože je zde ve formě kabelu zafixovaného na tkanině a u fólie se jedná o pásy homogenizovaného grafitu vložené napříč mezi měděné pásy a dohromady uloženy a zalaminovány mezi dvě fólie. Kabely a rohože jsou pro konstrukce budované tzv. mokrým procesem (do betonů a tmelů). Na druhé straně topné fólie jsou využívány do tzv. suchých stavebních prvků (pod stropní sádkokartónové konstrukce nebo pod plovoucí podlahy). [3] [57]

### **Elektrické akumulční kamna**

Jsou alternativou pro akumulční krby a kamna na tuhá paliva. Základ je tvořen jádrem například z magnezitových cihel s vysokou schopností akumulace, mezi kterými jsou topné tyče. Elektřina je odebírána cíleně při nižším tarifu a teplo je na delší dobu uskladněno, což přináší levnější provoz než u obyčejných elektrických přímotopů. Na druhou stranu jsou oproti obyčejným elektrickým přímotopům těžší, zabírají více místa a i jejich pořízení je dražší. Je možné je rozdělit na kamna statická a dynamická. Statická jsou levnější variantou. Dynamická obsahují na rozdíl od statických ventilátor, což přináší lepší regulaci vybíjení kamen. Mohou být použita i jako hlavní zdroj tepla a napojena na systém průduchů. [57]

### **Elektrický krb**

Pokud není možné z důvodu absence komínu či nemožnosti skladování paliva instalovat krb na tuhá paliva, existuje alternativa v podobě elektrického krbu s imitací ohně. Teplo je produkováno topnou spirálou a dále rozváděno za pomoci ventilátoru. Často je zařízení regulováno termostatem a ovládáno dálkovým ovladačem. U některých modelů je využito odpařování vody z nádžky pro napodobení kouře.[57]

**Výhody** klasických přímotopů jsou jejich nízké pořizovací ceny, nízká hmotnost, čistý provoz, rychlý náběh, dobrá regulace, bezúdržbovost a vysoká účinnost přeměny energie na teplo. U zářičů je to zónový ohřev míst a snížení potřeby energie na vytápění při zachování pocitu tepelné pohody. [55] [56] [57] [58] [59]

**Nevýhodou** je obecně cena za provoz a nízká akumulace tepla zejména u infrazářičů. Tato nevýhoda je snížena při použití akumulčních přímotopů a při čerpání výhodnější sazby elektřiny. [55] [56] [57] [58] [59]



Obrázek 8: Instalace elektrického topného kabelu [60]

### 6.3 Plynové lokální topidla

Jsou to otopná tělesa, jež nezávisí na rozvodech vytápění. Podmínkou je přívod plynové přípojky. Použití plynových přímotopů je především ve vytápění bytů, RD, menších průmyslových objektů atd. Rozlišujeme dva typy: [119]

**Statické (nástěnné):** Jsou umístěna na vnějších stěnách místnosti a napojeny na plynový rozvod v objektu. Odvod spalin je řešen do komína nebo přímo přes zeď pryč z objektu. Mezi výhody jejich používání patří snadná regulace, nízké náklady jak na vybudování rozvodů, tak i na vytápění samotné. Nevýhodou je zde potřeba údržby a pravidelné revize plynového zařízení.

**Přenosné:** Jsou napájena z tlakových lahví topným plynem. Jejich použití je především pro příležitostné vytápění prostor, kde je realizováno dobré větrání vzhledem k hromadění spalin.

Mezi nejznámější plynové lokální topidla patří tzv. **wawky**, známé zejména ve starších činžovních domech. Nejnovější verze přinášející nižší spotřebu paliva a modernější design.

K plynovým lokálním topidlům jsou řazeny i **plynové krby**, které jsou vzhledově podobné krbům na tuhá paliva, avšak je zde spalován zemní plyn. Výhoda oproti krbům na tuhá paliva spočívá v jejich regulovatelnosti a nenáročném provozu, ale na druhé straně je potřeba mít vyvložkovaný komín. Existují i **plynová kachlová kamna**, jež mají obvykle litinovou spalovací komoru obloženou kachlemi. Ohříváný vzduch stoupá mezi spalovací komorou a

obložením nahoru a do místnosti dochází k jeho výstupu v horní části kamen. Plynová kamna je možné napojit na systém průduchů pro ohřev více místností. [57] [119]

Plynové přímotopy mezi sebe řadí i sálavé zářiče, které mají obdobné pole použití jako tomu je u elektrických zářičů. Plynové zářiče jsou rozděleny dle způsobu spalování plynu na tmavé a světlé. [61]

U tmavých zářičů je dosahován potřebný výkon spalováním plynu v hořácích, z kterých jsou spaliny odváděny do uzavřených trubíc s reflexními zákryty. Na vstupu se pohybuje teplota trubice okolo 500 °C a na výstupu kolem 180 °C. Tmavé zářiče jsou umísťovány do hal ve výšce 5-8 m. Spalovací vzduch je přiveden z venkovního prostoru. [61]

Název světlých zářičů je spojen se svícením při jejich provozu. Otopná plocha je tvořena keramickými destičkami, na kterých dochází k hoření. Jsou umísťovány do hal do výšky 8 a více metrů. Teplota povrchu se pohybuje kolem 850-950 °C. Vzduch pro spalování je brán z prostoru kolem zářiče a rovněž i spaliny zůstávají v tomto prostoru. Z toho důvodu je nutné spaliny ventilátorem odvádět z prostoru objektu. [61]

**Výhody** plynových přímotopů je jejich regulace, čistý provoz, výhřevnost plynu, nižší průřez komínu než u centrálních topidel, nižší provozní náklady než u elektrických přímotopů. [57] [61] [119]

**Nevýhodou** je cena plynu, nezbytná plynová přípojka či plynový zásobník, nutnost odvodu spalin a přívodu vzduchu, pravidelná údržba a revize. [57] [61] [119]



Obrázek 9: Plynový zářič [62]

## 7 TEPELNÁ ČERPADLA

Jsou to tepelné stroje, pracující na principu<sup>12</sup> obráceného Carnotova cyklu, kdy dochází k přečerpávání nízkopotenciálního tepla z okolního prostředí (zemské teplo hornin, podzemní a povrchové vody, půdní vrstvy nebo venkovního či vnitřního vzduchu) a jeho převedení na vyšší teplotní hladinu. Získané teplo může být dále využito pro vytápění RD. Hlavní části tepelného čerpadla (dále jen TČ) jsou kompresor<sup>13</sup>, výparník, kondenzátor, expanzní ventil a pracovní kapalina. [66]

Nejprve je teplo získané z okolního prostředí předáno kapalnému chladivu, což se děje ve výparníku, kde je nízký tlak. Teplota varu chladiva je závislá na tlaku, kdy právě při nízkém tlaku změní chladivo své skupenství na plynné i za nízkých teplot a dále poté odchází do kompresoru poháněného elektrickou energií, kde je následně stlačeno. Tím dochází k výraznému zahřátí páry chladiva. Poté je chladivo přeneseno do kondenzátoru, v němž zkapalněním této pracovní látky dojde k předání energie otopnému systému. Zkondenzovanému chladivu je následně pomocí expanzního ventilu snížen tlak, což způsobí i snížení teploty. Chladivo je pak opět přesunuto do výparníku a proces je opakován. Jako chladicí médium jsou používány látky s nízkou teplotou varu, nejčastěji fluorované uhlovodíky a jejich směsi. [64] [65] [66]

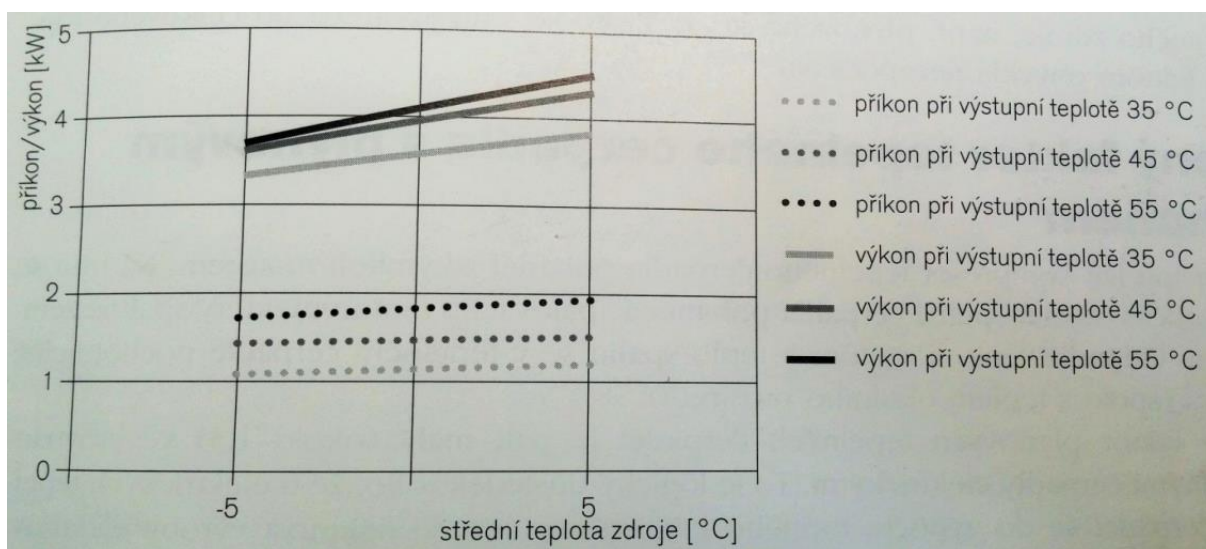
Velikost tepelného výkonu TČ je určena jako součet energie odčerpané z prostředí a energie potřebné pro pohon kompresoru. Od součtu je však nutné odečíst i ztráty energie do okolního prostředí. Ukazatel účinnosti tepelných čerpadel je topný faktor (COP - Coefficient of performance), v němž jsou dány do poměru získané teplo pro vytápění a dodaná potřebná energie pro pohon kompresoru. Topný faktor se mění v závislosti na vstupní a výstupní teplotě. Pro porovnání čerpadel dle tohoto faktoru je tedy nutné znát podmínky, při kterých je uváděný topný faktor dosahován. Pro srovnání je v Grafu 3 porovnání parametrů čerpadla dle teploty vstupu a výstupu. Z něho je patrné, že pro celkový výkon a účinnost TČ jsou nejdůležitější teplota vstupní a výstupní vody a teplota zdroje. [64] [65] [66]

TČ jsou nejlépe využívány u objektů s nízkými tepelnými ztrátami v nízkoteplotních systémech. Tedy při topení velkoplošnými radiátory, podlahovým a stěnovým vytápěním, kdy se pracuje za velmi nízkých provozních teplot. Počáteční náklady jsou ale vysoké a návratnost investice často v řádu několika let, proto je nutné u každého objektu zvážit, zda se tento způsob vytápění vyplatí. V letních obdobích dokáže pracovat jako klimatizační jednotky a některé lze i vhodně využít jako ohříváče vody v bazénech. V porovnání s kotli na dřevo a uhlí přinášejí vyšší komfort z hlediska údržby, obsluhy a regulace. Je to ekologický zdroj energie [64][65][66]

---

<sup>12</sup> Je možné se setkat i s tepelnými čerpadly pracujícím na jiném principu. Například sorpční čerpadla, u nichž není oběh chladiva zajištěn kompresorem. Chladivo je přenášeno další pracovní látkou, v které je chladivo vstřebáváno a uvolňováno za přestupu tepla. Výhodou je tichý chod, nevýhodou naopak nižší efektivita. Další možností je tepelné čerpadlo poháněné stirlingovým motorem, který je poháněn teplem o relativně nízké teplotě. [66]

<sup>13</sup> Nejčastěji je kompresor poháněn elektrickou energií. Kompresory používané v tepelných čerpadlech je možné rozdělit na pístové, spirálové (SCROLL), rotační a šroubové. [66]



Graf 3 Parametry tepelného čerpadla v závislosti na vstupní a výstupní teplotě [63]

Rozdělení tepelných čerpadel:

## 7.1 Systém vzduch–vzduch

Získaným teplem z okolního vzduchu je ohříván vzduch přímo v domě, bez topného systému. Díky tomu jsou dosahovány vyšší hodnoty topného faktoru, avšak jen do určité teploty prostředí, obvykle jen několika málo stupňů pod bodem mrazu. Při těchto nízkých teplotách je snižována účinnost a tím jsou zvyšovány i náklady na provoz. Proto je u tohoto typu systému často vhodné zavést i sekundární zdroj vytápění, pro případ velmi nízkých teplot okolí. To se týká zejména TČ s regulací kompresoru on/off<sup>14</sup>. U dražších zařízení s invertní regulací výkonu kompresoru může minimální hodnota okolního vzduchu klesat až k -20 °C a jsou navrhovány i jako monovalentní zdroj tepla. Zařízení je složeno ze dvou částí - vnitřní a vnější jednotky. Vnější jednotka je obvykle uložena na venkovní stěně, komínu či na zemi. K ní je zapojena obvykle jedna vnitřní jednotka, takže s ní lze vytápět jen jednu místnost. Některé jednotky jsou vybaveny vestavěným filtrem, případně ionizátorem, jehož zásluhou je možné díky těmto čerpadlům zbavovat vzduch uvnitř škodlivin. Tyto čerpadla lze využívat i jako klimatizace a odvlhčovače vzduchu. [66] [67] [68]

Výhody: levnější pořizovací cena tepelného čerpadla (nepotřebují vrty ani zemní kolektory), jednoduchá a snadná instalace, v létě možnost použití jako klimatizace, možnost funkce odvlhčování, čištění a ionizace vzduchu, vzduch je prakticky neomezeným zdrojem nízkopotenciálního tepla. [66] [67] [68]

Nevýhody: nelze použít k ohřevu TUV, každá vytápěná místnost musí obsahovat vlastní jednotkou, hlučnost při plném výkonu, určená pro objekty s nízkým počtem malých místností, vhodné zejména do klimaticky mírných oblastí s menším počtem mrazivých dnů. [66] [67] [68]

<sup>14</sup> U systémů vzduch/vzduch či vzduch/voda jsou používány různé druhy kompresorů. Levnější kompresory on/off jsou buď v režimu zapnutém či vypnutém, jsou často využívány s akumulací nádobou. U kompresorů s invertní regulací je lépe přizpůsoben výkon kompresoru podle aktuální spotřeby tepla, což se projevuje nižší spotřebou elektřiny. Akumulační nádoba tedy není potřeba. [107]





Obrázek 10 Tepelné čerpadlo vzduch-vzduch [69]

## 7.2 Systém vzduch–voda

Teplo odebírané z okolního či větracího vzduchu je využito k ohřevu vody v topném systému nebo v zásobníku teplé vody. Jsou tak splněny požadavky pro vytápění, ale i na ohřev TUV. Jejich chod je možný i za nižších teplot okolí (až  $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), avšak opět s velkým dopadem na účinnost. Z toho důvodu je systém voda-vzduch, stejně jako systém vzduch-vzduch, navrhován jako hlavní zdroj vytápění jen do bodu bivalence. To znamená do teploty, při níž dojde k odstávce TČ a je zapnut a využíván dále jen sekundární zdroj tepla – typicky to bývá přímotop/elektrokotel, čímž jsou zajištěny optimální náklady na vytápění. Největších úspor je dosahováno při napojení na nízkoteplotní podlahové topení nebo konvektory s ventilátorem.[68]

Konstrukce je řešena ve dvou provedeních:

### Splitové

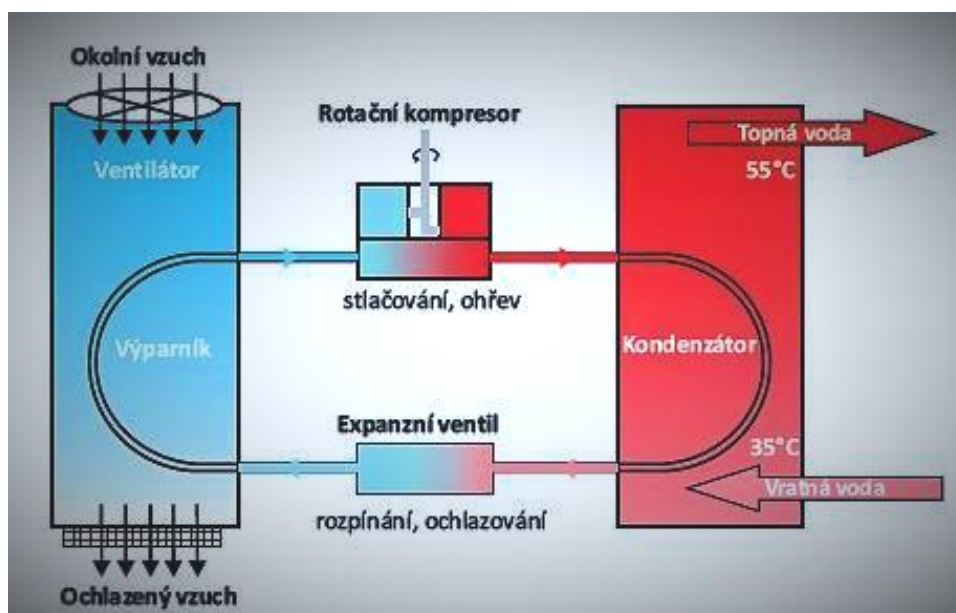
Ty jsou řešeny venkovní a vnitřní jednotku, které jsou propojeny chladivovým vedením s minimálními tepelnými ztrátami. Z venkovní jednotky je odebíráno teplo získané z okolí, které je následně předáváno do teplotnosného média ve vnitřní jednotce.[70] [131]

### Kompaktní

Celý chladivový okruh tepelného čerpadla je uložen ve venkovním prostoru vnější jednotky a ten je tak hermeticky uzavřený. Přenos tepla mezi venkovním a vnitřní prostorem je zprostředkován pomocí vodního vedení, čímž je dosaženo větších tepelných ztrát a je zde nebezpečí zamrznutí.[70][131]

Výhody: snadná instalace možná téměř kdekoli s minimálními nároky na prostor, nižší pořizovací náklady než čerpadla s vrty, vzduch je prakticky neomezený zdroj tepla, možnost fungování jako klimatizace v horkých dnech, lze ohřívat užitkovou vodu.[66] [68] [70]

Nevýhody: při nižších okolních teplotách dochází ke snížení výkonu tepelných čerpadel vzduch-voda a rovněž ke snížení výstupní teploty topné vody, hlučnost, vyšší spotřeba elektřiny a nižší životnost kompresoru než u systému země-voda, nevhodné do oblastí s nižší průměrnou teplotou vzduchu během roku, vyšší investiční náklady než u systému vzduch-vzduch. [66] [68] [70]



Obrázek 11: Tepelné čerpadlo vzduch-voda [71]

### 7.3 Systém země-voda

Teplo je odebíráno ze zemské kůry. Výhoda tohoto systému je jeho provozní stabilita a spolehlivost. Funkce hlavního zdroje vytápění je tedy zastoupena TČ země-voda po celý rok. Je složen ze dvou částí – vnitřní a vnější jednotky. Venkovní jednotka fungující jako sběrač tepla může být uložen dvěma způsoby: [66]

#### a) Geotermální vrt

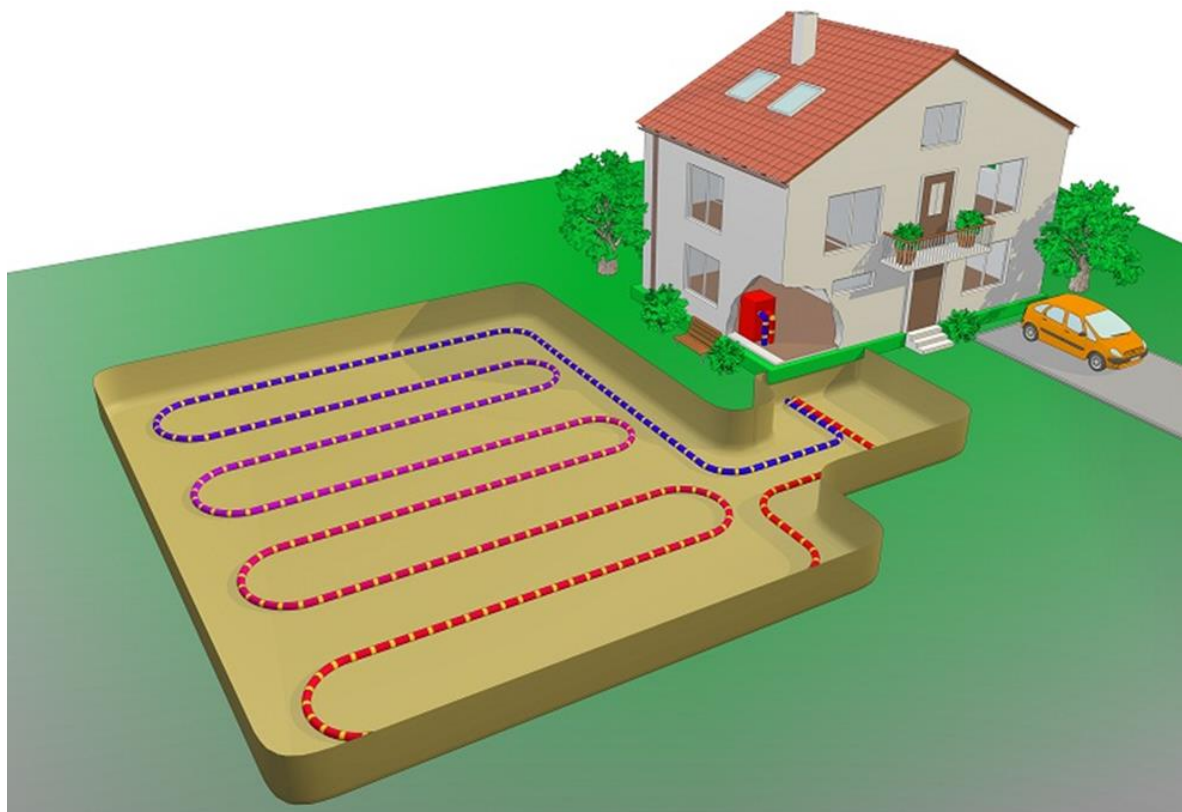
Jedná se o vrt do zemské kůry o průměru 12-22 cm, vzdálených od sebe několik metrů (aby se vzájemně neovlivňovaly) v hloubce dle potřeby okolo 40 až 200 m pod povrchem. V nich je zasunuta polyetylenová hadice kolektoru obsahující nemrznoucí směs. Následně musí být vrt zasypán cementovou nebo jílocementovou směsí. Je doporučováno teplo do vrtu vracet během letního ochlazování domu. Tento způsob je upřednostňován u menších pozemků s vhodným podložím (ideální je podloží tvrdé, vrt lze navíc provést i před stavbou objektu pod základovou deskou), kde není k dispozici dostatečná plocha pro plošný kolektor. Výhodou je celoročně stabilní výkon a vysoký topný faktor, nižší spotřeba elektřiny než u systémů vzduch-vzduch a vzduch-voda, bezhlučný provoz a možnost využití jako chlazení v letních obdobích. Naopak mezi nevýhody jsou řazeny vyšší náklady na vyhotovení vrtů a nutnost vyřízení stavebního povolení pro vrt. [66]

#### b) Plošný kolektor

Jde o uložení plastových hadic naplněné nemrznoucí směsí v hloubce 1,5-2 m pod povrchem země do horizontálních rýh dostatečně daleko od základů, aby nedocházelo k jejich promrznutí. Mezi výhody tohoto řešení patří příznivější náklady na výstavbu oproti geotermálnímu vrtu. Mezi nevýhody nutnost dostatečné velikosti pozemku, nemožnost na využívané ploše stavět stavby vyžadující základy a navíc půda v oblasti kolektorů silněji promrzává. [66]

Výhody systému země-voda jsou nejstabilnější topný faktor oproti ostatním tepelným čerpadlům, tichý chod, dlouhá životnost, nízké provozní náklady, vhodnost i do lokalit s extrémními zimními teplotami. [66] [68] [72]

Nevýhody jsou jejich vyšší investiční náklady na tepelné čerpadlo a na vybudování vrtu. [66] [68] [72]



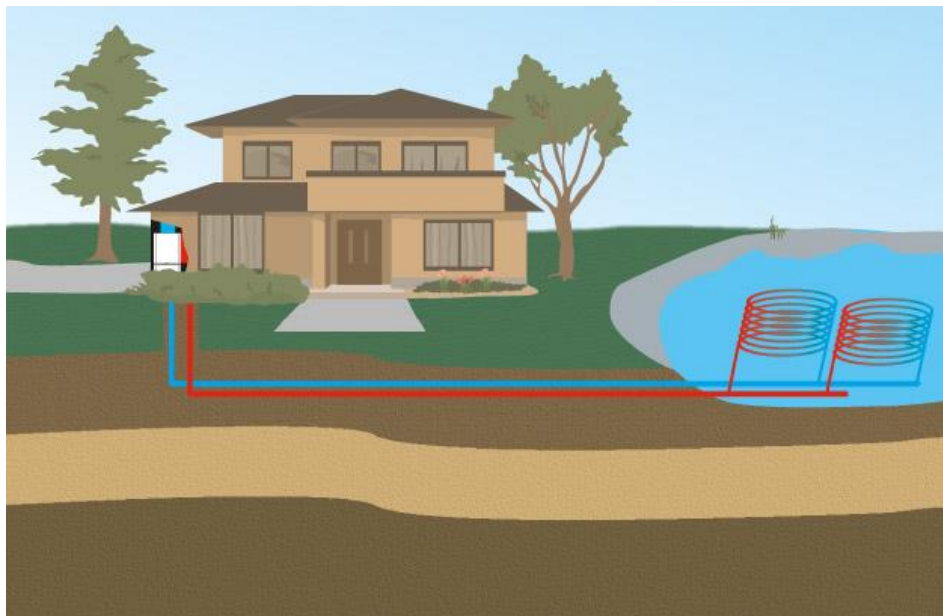
Obrázek 12 Plošný kolektor tepelného čerpadla země-voda [73]

#### 7.4 Systém voda-voda

Tohoto systému je využíváno tam, kde je k dispozici dostatečné množství povrchové, spodní nebo odpadní vody. Voda je čerpána do výměníku, kde dochází k jejímu ochlazení a následně je vrácena zpět. Ideálním zdrojem pro tepelné čerpadlo systému voda-voda je možné označit spodní vodu pro svou stabilní teplotu a menší závislost na teplotě okolí. U spodní vody je voda odčerpávána ze zdrojové studny a po následném ochlazení je vypuštěna do vsakovací studny. Důležité je, aby byla vsakovací studna umístěna níže po proudu než studna zdrojová. Povrchová voda jako zdroj tepla pro tepelné čerpadlo není příliš vhodná, z hlediska nízkých a dost proměnlivých teplot během roku. Důležitým aspektem u systému voda-voda je kvalita zdrojové vody, která může způsobit zanášení výměníku a potrubí, což může mít vliv na cenu realizace (nutnost použití dražších materiálů při výrobě výměníku). [66] [68]

Výhody: vysoká účinnost a vyrovnaný výkon čerpadla během roku, nižší cena tepelného čerpadla ve srovnání s čerpadly využívající vrtu, nízká spotřeba energie. [66] [68]

Nevýhody: využití jen ve vhodných lokalitách s dostatkem spodní, technologické či geotermální vody, musí být splněny čerpací zkoušky, je zde nutná údržba filtrů a výměníku, náklady na servis, je potřeba stavebního povolení a provedení chemické analýzy vody, dodržení limitů pro poměr pH a tvrdost vody. [66] [68]



Obrázek 13 Schéma tepelného čerpadla systému voda-voda [74]

Obecně jsou mezi **výhody** TČ řazeny: TČ je dodáváno několikanásobně větší množství energie než je spotřebováno na provoz, dále to je plně automatický a ekologický provoz, dostupnost energie pro pohon TČ a oproti běžnému elektrickému vytápění je potřeba slabších elektrických přípojek. [66]

Mezi **nevýhody**: Vysoké pořizovací náklady, povinné kontroly těsnosti chladicích okruhů, nedostatečný výkon při velmi nízkých teplotách a nutnost nízkoteplotní tepelné soustavy z důvodu maximální možné teploty otopné vody okolo 55 °C. U TČ voda-voda je nezbytné pro instalaci mít dostatečně propustné podloží, provést čerpací zkoušku pro zjištění vydatnosti vodního pramene a provést chemickou analýzu. U TČ vzduch-vzduch a vzduch-voda je to hlučnost. U TČ země-voda je nutné vlastnit určitou velikost plochy pro instalaci zemního kolektoru pro pokrytí určitého výkonu. [66]

## 8 SOLÁRNÍ VYTÁPĚNÍ

Energie ze slunečního záření je řazena mezi zdroje energie, které lze využít k vytápění. Z hlediska lidského bytí je tato energie věčná, čistá a navíc zdarma. Celosvětová spotřeba energie obyvatelstvem na Zemi z roku 2010 byla odhadem stanovena na 142 PWh, přičemž 90 % této energie bylo získáno spalováním fosilních paliv. Na zemský povrch je přitom atmosférou propouštěno přibližně 0,75 miliónů PWh energie, což je mnohonásobně větší množství než nynější spotřeba. Proto s ohledem na populační růst, kdy bude rovněž narůstat spotřeba energie, a také i z hlediska životního prostředí je příhodné, aby byl tento zdroj energie více využíván. Přeměna solární energie na teplo může být prováděna buď pasivně nebo aktivně. [75]

### 8.1 Pasivní solární systémy

Jedná se o objekty, kde je sluneční energie využívána díky své poloze, architektonickému řešení a použitých stavebních materiálech bez pomoci speciálních technických zařízení.

Architektura tzv. slunečních domů pro tento systém je navrhována tak, aby bylo dosaženo maximálního příjmu tepelné energie z dopadajícího slunečního záření pasivními solárními prvky. Nejčastěji jsou tyto prvky zastoupeny velkým prosklením na delší jižní fasádě, optimální velikostí oken, instalací tzv. solárních oken, zimní zahradou, transparentní tepelnou izolací, masivními stavebními materiály s velkou tepelnou akumulací schopností, Trombeho stěnou atd. Efektivnost těchto prvků je založena „na selektivní propustnosti tepelného záření transparentními materiály, na rozdílné pohltivosti krátkovlnného záření a na omezení emisivity dlouhovlnného záření stavebními povrchy“ [76]. [77]

Obytné místnosti takového domu jsou umisťovány podle náročnosti na teplo. Místnosti často využívané se nacházejí na delší jižní straně, kde je situována větší plocha domu. Naopak místnosti využívané méně jsou lokalizovány na severní straně domu, která je opatřena malými okny a zároveň dobře zaizolována, aby se předešlo velkým tepelným ztrátám. Nadbytečné teplo získané ze slunečního záření je krátkodobě akumulováno stavební konstrukcí a následně využíváno při deficitu tepla v objektu. U pasivních systémů je nutné vyřešit rizika tepelné zátěže během letních období. To se děje zejména odvětráváním, možností akumulace do stavebních hmot apod. Tyto systémy jsou zaváděny obvykle při navrhování novostaveb, kdy je nezbytné adaptovat architektonické řešení, avšak vhodnou rekonstrukcí lze pasivní solární systémy využívat i u starších staveb. [77]

### 8.2 Aktivní solární systémy

Jsou užívány především k teplovodnímu či teplovzdušnému přitápění objektů, ohřevu TUV nebo vody v bazénech. Mohou ale být rovněž využity prostřednictvím fotovoltaických článků pro výrobu elektrické energie, která může být dále také použita pro napájení elektrických topidel. To je výhodné z hlediska možnosti přenášet získanou energii na delší vzdálenosti, avšak nevýhodné s ohledem na ztráty této energie při její přeměně na teplo. Soubor prvků, které zprostředkovávají přeměnu slunečního záření na teplo je nazýván **solární systém**.

Jako základní část solárního systému je považován **sluneční kolektor**. Hlavní část slunečního kolektoru je tvořen **absorbérem**. Absorbérem je přeměňováno dopadající krátkovlnné sluneční záření na teplo. Některé absorbéry jsou vybaveny spektrálně selektivní vrstvou, jejíž úkolem je zajištění přeměny dopadajícího slunečního záření na teplo s co nejmenšími tepelnými ztrátami, jež jsou způsobovány zpětným vyzařováním. Díky tomu je u takových absorbérů zachytávání tepelné energie s vyšší účinností. Kolektorová skříň je obvykle uzavřena na přední straně skleněným krytem, na zadní straně a bočních stranách je umístěna tepelná izolace. Tím jsou minimalizovány tepelné ztráty do okolí. Získaná energie je dále transportována do místa spotřeby nebo akumulována. Další části solárního systému jsou tvořeny solárním zásobníkem, výměníkem tepla, přívodním potrubím, oběhovým čerpadlem, různými armaturami, expanzní nádobou, pojistným ventilem a automatickou regulací. **Solární zásobník** je používán k uchování tepelných zisků solární soustavy na určitý časový úsek. Objem zásobníku musí být navrhován přiměřeně k ploše kolektorů. Může být napojen na více tepelných zdrojů, pro případ nedostatku sluneční energie. **Solárním výměníkem** je oddělována teplonosná kapalina od zdroje využívající teplo. Je zde přenášena tepelná energie od teplonosného média do ohřívaného média. **Přívodním potrubím** je zprostředkováno přenášení teplonosných látek. Ideálně je navrhováno potrubí s co nejkratším rozvodem. Pro co nejmenší ztráty rozvodem je vyžadována kvalitní izolace. **Oběhovým čerpadlem** je zabezpečen oběh teplonosné kapaliny. Funkce ovlivňování průtoku kapaliny, regulace a kontrola bezpečnosti je prováděna **armaturami**. **Expanzní nádobou** je zaručováno vyrovnávání tlaků kapaliny způsobené změnami její teploty. Před velkým zvýšením tlaku je soustava chráněna **pojistným ventilem**, díky němuž je při velkém tlaku odpuštěna určitá část kapaliny z oběhu. Celý systém je řízen **automatickou regulací**, čímž je zaručen optimální výkon celé soustavy. [77]

Kolektory lze rozdělit podle několika různých hledisek:

Základní rozdělení je podle druhu teplonosné látky. Tou může být kapalina (voda, nemrzoucí směs) nebo vzduch.

#### a) Vzduchové kolektory

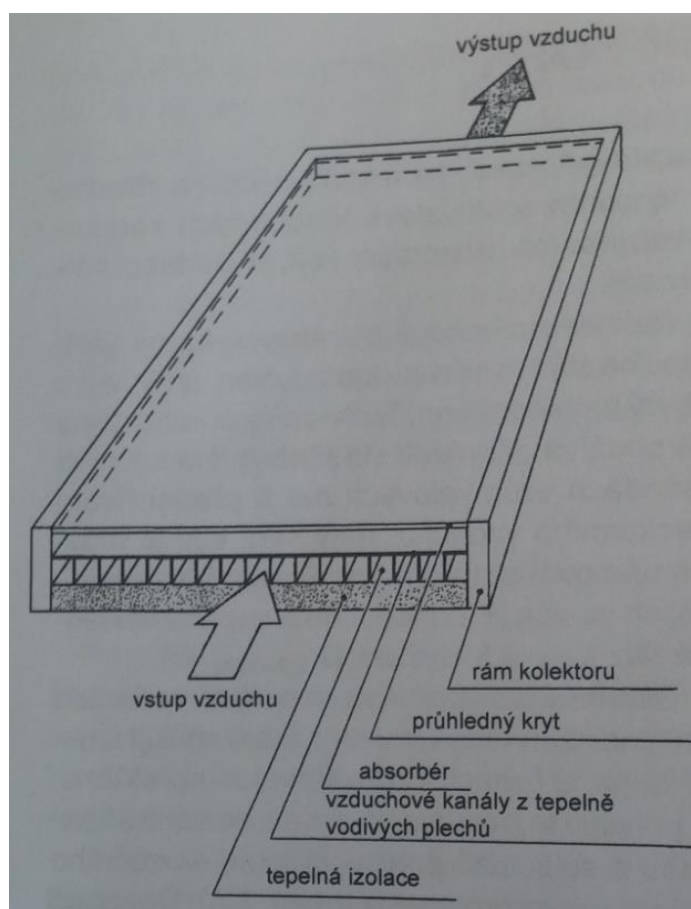
Svou stavbou nejsou oproti kapalinovým příliš odlišné. Použití vzduchu jako teplonosného média je spojeno s jistými výhodami ale i nevýhodami. Vzduch je ohříván rychleji než u kapalinových, a to i za slabého slunečního záření. Díky tomu je lze využívat po celý rok (pro docílení a zachování požadované úrovně teploty vzduchu v objektu postačí vnitřní teplota kolektoru od 25 °C). Ohřátý vzduch může být zaveden ze solárního okruhu přímo do obývaných místností, ale vzhledem k nízké tepelné kapacitě vzduchu ho nelze použít jako akumulační médium<sup>15</sup>. Pro svou nízkou tepelnou vodivost je nezbytné pro přenesení na ostatní média použití velkých přenosových ploch. Zároveň je potřeba, aby byl systém osazen velkými průřezy a dostatečným dmýchacím výkonem pro přenos tepla. Výhodou vzduchových kolektorů je jejich menší náchylnost ke korozi, čímž je dosažena vyšší životnost. V ČR tyto kolektory nejsou příliš využívány, i když mají velký potenciál ve využití pro předehřev čerstvého vzduchu při větrání nebo oběhového vzduchu při konvekčním

---

<sup>15</sup> Získaná energie může být shromažďována jen prostřednictvím akumulace do jiného média. [75]



vytápěním. Kolektory používající jako teponosné médium vzduch jsou rozlišovány podle konstrukce na ploché kolektory s průhledným krytem a nekryté velkoplošné ploché kolektory. A dle způsobu výroby na standardní kolektory a kolektory, které jsou sestavovány na stavbě. **Průhledné kryté vzduchové kolektory** jsou používány, když je potřeba vyšších provozních teplot kolektoru (u systémů se zásobníkem, které jsou užívány i pro ohřev TUV). Zvláštním typem průhledných krytých kolektorů jsou **okenní kolektory**, u kterých je spojena funkce oken a vzduchového kolektoru. Jedná se o dvojité okna s deštěnou špaletou<sup>16</sup> a žaluziemi, kde je teplo absorbováno v meziprostoru. U **nekrytých vzduchových kolektorů** jsou větší tepelné ztráty díky absenci průhledného krytu. Tyto kolektory jsou používány tam, kde je možné pracovat s nižšími provozními teplotami. [78]



Obrázek 14: Struktura standardního kolektoru [78]

Solární systémy používající vzduch jako teponosné médium je možné rozlišit na systémy k předehřívání venkovního vzduchu a systémy na vytápění místností. Oba systémy mohou být rozšířeny o tepelný výměník na přípravu teplé vody. Tím je dosáhováno zvýšení efektivity solárního systému, neboť solární systém může být provozován i přes letní období. [78]

Systém k předehřívání venkovního vzduchu může být ještě dále rozdělen na systémy s prostým přívodem vzduchu a systémy s řízeným přívodem a odvodem vzduchu. S prostým přívodem je jednoduchý systém pro předehřev venkovního vzduchu, kde jsou obvykle

<sup>16</sup> Termínem *deštěná špaleta* je pojmenován vnitřní povrch okenního otvoru, který je obložen dřevěnými deskami. Deštění je instalováno za účelem zdokonalení izolace a pro zvýšení estetičnosti. [108]

používány nezasklené kolektory v kombinaci s ventilačním zařízením. U systému s řízeným příívodem a odvodem vzduchu je spojen vzduchový kolektor s řízeným ventilačním zařízením. Tímto zařízením je zprostředkován nejen příívod a odvod vzduchu, ale také regenerace tepla. Regenerační jednotkou<sup>17</sup> je z upotřebeného vzduchu získáváno dodatečně teplo. Je zaručena energeticky výhodná výměna vzduchu i při malém slunečním svitu. [78]

V systému k vytápění místností dochází k oběhu ohřátého vzduchu v uzavřeném okruhu, který je oddělen od vzduchu v místostech. Systém je složen z kolektoru (zpravidla vzduchové uzavřené a okenní kolektory) a zásobníku. Přenos tepla je zajištěn sáláním z podlahy a stěnami objektu, kde je teplo akumulováno. [78]

U přirozeného či nuceného větrání, případně teplovzdušném vytápění, jsou rovněž používány tzv. dvouplášťové fasády, které jsou řazeny mezi vzduchové kolektory. Jsou instalovány před hlavní fasádu. Princip fungování je založen na vytvoření vzduchové mezery ve zdvojeném fasádním plášti, kde dochází k cirkulaci vzduchu. Jejich instalací je zlepšována tepelná ztráta pláště budovy a také protihluková ochrana. V letních obdobích jsou snižovány nároky na chlazení. [78]

Obecně je vhodné využití vzduchových solárních kolektorů u objektů s vyššími nároky na vytápění v zimním období, nebo se značnou potřebou venkovního vzduchu. [78]

#### **b) Kapalinové kolektory**

U těchto kolektorů, kde je jako teplonosná látka použita kapalina, je možné se setkat s různým typem zasklení. Zasklení může být jednoduché, vícevrstvé, strukturované nebo úplně chybět.

U Nekrytých kolektorů jsou díky absenci zasklení přííznivě ovlivněny optické vlastnosti kolektoru. Zejména jsou eliminovány ztráty odrazem dopadajícího záření od skla, ale nevýhodou jsou vysoké tepelné ztráty díky chybějící vzduchové mezeře mezi absorbérem a krytem.[75]

U kapalinových kolektorů se můžeme setkat i s rozdílným typem konstrukce. Kolektory mohou být ploché, trubkové nebo koncentrační. [75]

#### **Ploché atmosferické kolektory**

Jsou vyznačovány plochým zasklením i absorbérem. Plochý solární kolektor s jednoduchým zasklením je díky poměru cena/výkon nejvíce užívaným typem kolektoru pro každodenní použití na přípravu TUV a přitápění. [75]

---

<sup>17</sup> Regenerační jednotkou je přenos tepla z primární pracovní látky na sekundární zprostředkován pomocí hmoty akumulující teplo, která je oběma pracovníma látkama střídavě obtékána. Na druhé straně rekuperační jednotkou (viz kapitola 9 Rekuperace tepla) je přenos z primární na sekundární pracovní látku zprostředkován přímo stěnou nebo nepřímou zprostředkujícím nositelem tepla. Hlavním rozdílem mezi regenerací a rekuperací je tedy u rekuperace oddělení protékajících proudů vzduchu stěnou výměníku. U regenerace je stejný povrch výměníku omýván střídavě oběma proudy vzduchu. [109]



### **Ploché vakuové kolektory**

Mají snížen tlak v prostoru rámu kolektoru (obvykle je dosahována hodnota absolutního tlaku okolo 1-10 kPa). Tím jsou zajištěny nízké tepelné ztráty kolektoru, neboť je zredukován volný oběh vzduchu mezi zasklením, zadní stěnou a absorbérem. [75]

### **Trubkové vakuové kolektory**

Jsou odlišeny od plochých kolektorů válcovým tvarem zasklení. Tlak v prostoru mezi absorbérem a zasklením je velmi nízký (pod 1 mPa). U trubkových vakuových kolektorů je dosahováno extrémně nízkých ztrát tepla i při velké teplotní diferenci mezi absorbérem a okolním prostředím. U těchto kolektorů je tak efektivně využito sluneční záření i během vysokých provozních teplot (nad 100 °C). Problémem je odtávání sněhu či námrazy, právě díky nízkým tepelným ztrátám. Trubkové vakuové kolektory je možné dále rozdělit dle konstrukce na:

- kolektory s jednostěnnou trubkou a plochým absorbérem,
- kolektory s dvojitěnnou trubkou a válcovým absorbérem. [75]

### **Koncentrační kolektory**

Dopadající sluneční záření je soustředěno do ohniska, ve kterém je umístěn absorbér. Toho je docíleno použitím odrazových zrcadel a čočkami. Plocha absorbéru je výrazně menší ve srovnání s plochou, kterou je přijímáno sluneční záření. Poměrem plochy, jež je přijímáno záření, a plochy absorbéru je stanoven tzv. stupeň koncentrace. [75]



**Obrázek 15: Koncentrační kolektor s parabolickým reflektorem [79]**

Na základě tvaru ohniska jsou rozlišovány kolektory koncentrační s lineárním ohniskem (např. parabolický reflektor), kolektory koncentrační s lineární Fresnellovou čočkou a kolektory s bodovým ohniskem. U koncentračních kolektorů s vysokým koncentračním poměrem je možné docílit vysokých teplot. Pro maximální účinnost těchto kolektorů je nutné dostatečné množství přímého slunečního záření během roku a také přizpůsobovat pozici apertury<sup>18</sup> či absorberu na základě pohybu Slunce po obloze. [75]

Aktivní solární systémy je možné podle počtu okruhů klasifikovat na:

- a) Jednookruhové: Voda je ohřívána bez výměníku tepla. Využíván je zejména pro sezónní ohřev vody. Výhodou těchto systémů je jejich účinnost z hlediska přenosu tepla a nižší počáteční investice. Mezi nevýhody patří právě sezonní provoz, nebezpečí zamrznutí vody či její znečištění v podobě bakterií a řas.
- b) Dvookruhové: Jsou založeny na spojení dvou samostatných okruhů prostřednictvím tepelného výměníku. Kapalina (obvykle nemrznoucí směs) je po zahřátí v kolektoru dopravena prvním okruhem do výměníku, z něhož je získané teplo dále rozváděno druhým okruhem do požadovaného místa v objektu. Výhodou tohoto zapojení je provozuschopnost celý rok. Nevýhodou pořizovací cena a ztráty tepla při předávání získaného tepla výměníkem mezi okruhy. Schéma je zobrazeno na obr. 16.[77]

Pro maximální účinnost je nutné, aby byl solární systém navržen pro skutečné místní podmínky. Je nutné, aby byla brána v potaz intenzita záření, počet hodin slunečního svitu, nepříznivé meteorologické jevy určující tepelné ztráty (např. námrazy, venkovní teploty a vítr během roku), orientace kolektorů (ideálně na jih) a jejich sklon, počet stínících překážek, délka rozvodného potrubí, přípustné zatížení střechy a spotřeba tepla během dne. V Tabulce 3 jsou uvedeny orientační doporučené hodnoty velikosti plochých kapalinových kolektorů v m<sup>2</sup> a zásobníku v litrech pro pokrytí určité spotřeby TUV dle počtu osob. [75] [77] [78]

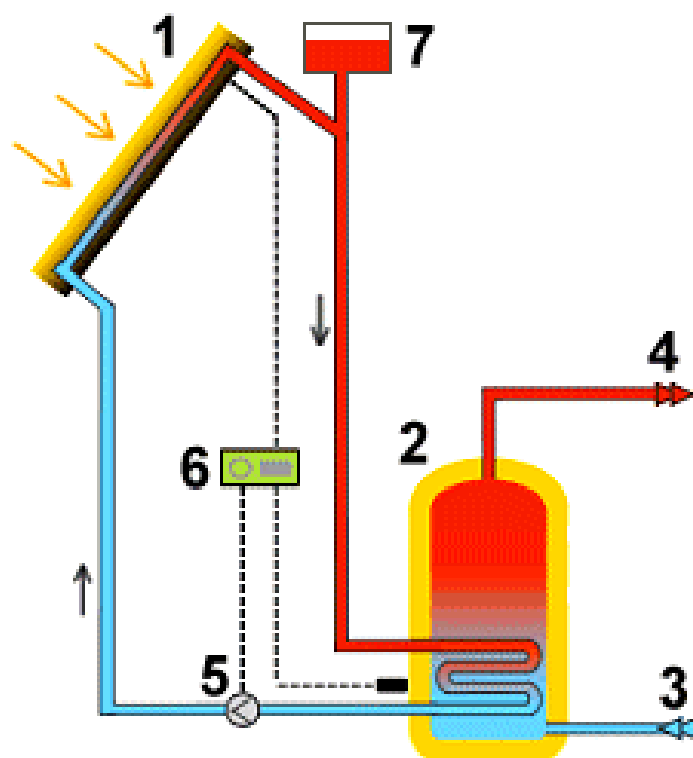
**Tabulka 3: Orientační dimenzování solárního systému s plochými kapalinovými kolektory pro ohřev TUV [77]**

Počet osob	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Spotřeba teplé vody [l/den]	82	164	246	328	410	492	574	656	738	820
Použitý zásobník teplé vody [l]	80	160	240	300	400	500	600	700	700	800
Absorpční plocha solárního pole [m <sup>2</sup> ]	1,6	3,2	4,8	6	8	10	12	14	14	16

**Výhody** solárních soustav: ekologický provoz, snadná regulace, možnost vytápění i ohřev vody, uživatelský komfort, provozní náklady, z lidského hlediska jde o nevyčerpatelný zdroj energie. [75] [77] [78]

**Nevýhody** solárních soustav: pořizovací cena, ve většině případů nutný záložní zdroj tepla z důvodu kolísání slunečního záření během roku, klesající účinnost a životnost některých solárních kolektorů, návratnost investice, objekt musí být situován ve vhodné lokalitě, větší zásah do objektu při instalaci zařízení (někdy nutné cíleně naplánovat již před stavbou objektu). [75] [77] [78]

<sup>18</sup> Aperturou je označována plocha průmětu otvoru, kterým je zprostředkován vstup nesoustředěného slunečního záření do kolektoru. [75]



Obrázek 16 : Dvouokruhový kapalinový solární systém

Popis schématu: 1. solární kolektor; 2. tepelný výměník; 3. přívod studené vody;  
4. odběr teplé vody; 5. oběhové čerpadlo; 6. automatická regulace; 7. expanzní nádoba [80]

## 9 REKUPERACE TEPLA

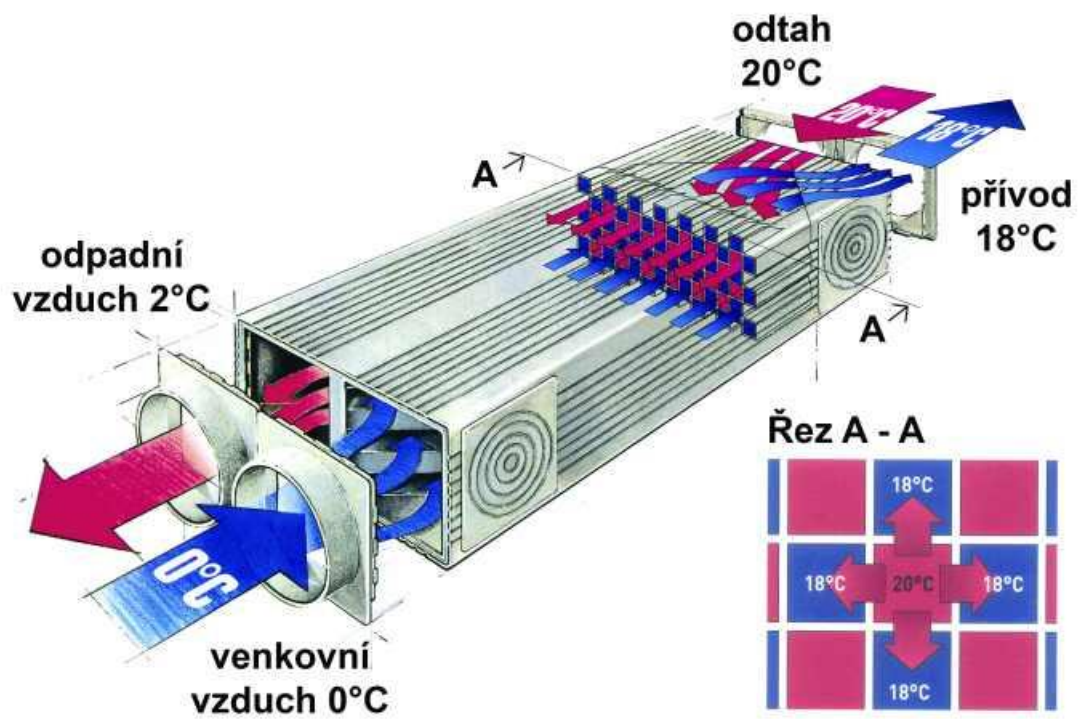
Hlavním cílem systému řízeného větrání s rekuperací je znovuzískávání tepla z odpadního vzduchu při nuceném větrání pomocí teplosměnné plochy rekuperačního výměníku. Následně je získané teplo předáno chladnějšímu vzduchu, který je vháněn do objektu z okolí. Tím je napomáháno korigovat stálou teplotu v místnostech a navíc jsou snižovány tepelné ztráty z větrání. Rovněž je rekuperací udržována stálá vlhkost v objektu. Nasávaný okolní vzduch je mimo to filtrován a zbaven tak nečistot a alergenů. Rekuperační výměník bývá instalován přímo do větrací jednotky. V letním období jsou některé jednotky využívány jako klimatizace. Jednotky s rekuperací je vhodné aplikovat do objektů, kde dochází k vyšším ztrátám při větrání objektu. Zejména u vzduchotěsných nízkoenergetických domů a pasivních domů. Mohou být instalovány i do jednotlivých místností, například do koupelny či kuchyně. Důležitou hodnotou u rekuperační jednotky je účinnost. Obvykle je účinnost těchto zařízení uváděna kolem 30-80 %. Není možné, aby byl objekt vytápěn pouze rekuperací samotnou, proto je nutný primární zdroj vytápění. [81]

Rekuperaci lze rozdělit na pasivní a aktivní. U pasivní rekuperace jsou vedeny proudy čistého a odpadního vzduchu vedle sebe, přičemž jsou odděleny stěnami výměníku. Příchozí nasávaný vzduch je ohříván od stěn výměníku z tepla získaného od vypouštěného odpadního vzduchu. Při nízkých teplotách pod bodem mrazu je jednotka z důvodu ochrany před vznikem námrazy vypínána. Pro zajištění chodu i při takovýchto podmínkách je nutné, aby byla zajištěna protimrazová ochrana (např. zemní výměník, vodní výměník nebo elektrický předehřev). Schéma pasivní rekuperace je zobrazeno na obrázku č. 17. [82] [83]

U aktivní rekuperace je využito tepelné čerpadlo. Podstatou je, že čerstvý vzduch, který je nasáván do objektu, je ohříván po průchodu přes kondenzátor. Naopak odváděný vzduch z místnosti před jeho vypuštěním do okolí je ochlazován po průchodu přes studený výparník, kde mu je odebrána jeho energie, která je dále předána chladivu. Chladivo je poté kompresorem stlačeno. Vzniklé ohřáté hladiivo je následně použito pro ohřev kondenzátoru. Poté dochází ke zvětšení objemu a zmenšení teploty chladiva po průchodu ventilem a cyklus je opět opakován. V letních obdobích je možný i obrácenný provoz cyklu pro chlazení vstupujícího vzduchu do objektu. Aktivní rekuperaci může být realizován i k ohřevu TUV. Výhodou aktivní rekuperace je úspornější provoz a větší možnosti použití, avšak pasivní rekuperace je levnější.[81] [84]

Obecně **výhodou** rekuperace je zajištění komfortního vnitřního klimatu a omezení tepelných ztrát objektu, což může vést k finančnímu snížení provozních nákladů na vytápění. Finanční úspory na vytápění jsou zejména u starších domů s velkými tepelnými ztrátami, kde jsou příliš vysoké náklady na vytápění nebo u domů nízkoenergetických či pasivních. [81] [84]

**Nevýhodou** pořizovací cena systému a často příliš dlouhá návratnost investice. [81] [84]



Obrázek 16: Schéma pasivní rekuperace [85]

## 10 MIKROKOGENERAČNÍ JEDNOTKY

Kogenerace je technologie využívaná v kogeneračních jednotkách (dále jen KJ). Při kogeneraci je transformována primární forma energie na užité formy energie. Vstupující primární forma energie je přeměňována na koncovou energii ve formě elektřiny a tepla. Kogenerace je proto také pojmenována jako kombinovaná výroba elektrické a tepelné energie (zkratka KVET). Souvisejícím pojmem je trigenerace. Trigenerací je pojmenován systém, který slouží kromě společné výroby elektřiny a tepla také pro výrobu a dodávku chladu. Jde tedy o výrobu třech forem energie. [86]

Při kombinované výrobě elektřiny a tepla je efektivněji využíváno energie z paliv (obvykle kolem 80 %), než při samostatné výrobě těchto energií. Tím je přispíváno ke snižování celkové spotřeby energie a zároveň v jisté míře omezováno znečišťování prostředí, ve kterém žijeme. Rozdíl v účinnosti je zobrazen na obrázku č. 18. Kogenerační jednotka může být umístěna v blízkosti objektu, což přináší omezení ztrát při přepravě energie na větší vzdálenosti. Kogenerační systém (dále jen KS) může být klasifikován dle pořadí využívaných vyprodukovaných energií. [86]

U horních KS je nejprve získávána tepelná energie v energetickém zařízení. Následně je toto teplo zaváděno do tepelného motoru, kde je transformována na technickou práci (mechanickou energii). Ta je dále využita pro pohon generátorů pro získání elektrické energie. Teplo, které je získáno z tepelného oběhu se dá dále využít k dalším účelům. [86]

U dolních KS je nejdříve vyrobena elektrická energie a energie tepelná je získávána až odváděným teplem z tepelného oběhu. Dolní KS jsou využívány nepoměrně více, neboť aby bylo u horních KS efektivně získávána technická práce v tepelných motorech, je zapotřebí vysoké vstupní teploty. [86]

Způsoby, kterými je možné transformovat energii v palivu na energii elektrickou při současném využití tepla, jsou nazývány kogenerační technologie. Ty jsou dle počtu transformací rozděleny na dvě skupiny, kde je přeměna provedena:

- Přímým způsobem: Energie z paliva je na energii elektrickou přeměněna přímo.
- Nepřímým způsobem: Transformace je prováděna pomocí většího počtu energetických transformací. [86]

KJ je obecně složena z následujících částí:

- a) Zařízení pro úpravu primárního zdroje energie: Jsou zde upravovány parametry vstupní formy energie.
- b) Primární jednotka: Je nejdůležitější částí KJ. Je zde převáděna energie z paliva či pracovní látky tepelného oběhu na energii elektrickou nebo mechanickou. Primární jednotky jsou rozděleny na tepelné motory a palivové články.

Palivové články jsou řazeny mezi primární jednotky s přímou transformací. Jedná se o galvanické články, které jsou používány pro přeměnu energie v palivu na elektrickou energii elektrochemickými procesy. Tepelné motory jsou řazeny mezi nepřímé primární jednotky. U jednotky s vnějším spalováním je palivo spalováno mimo KJ.

Jsou zde řazeny parní turbíny, organický rankinův cyklus, plynové turbíny, mikroturbíny či stirlingův motor. U jednotky s vnitřním spalováním je palivo spalováno uvnitř KJ. Patří sem vznětové a zážehové spalovací motory.

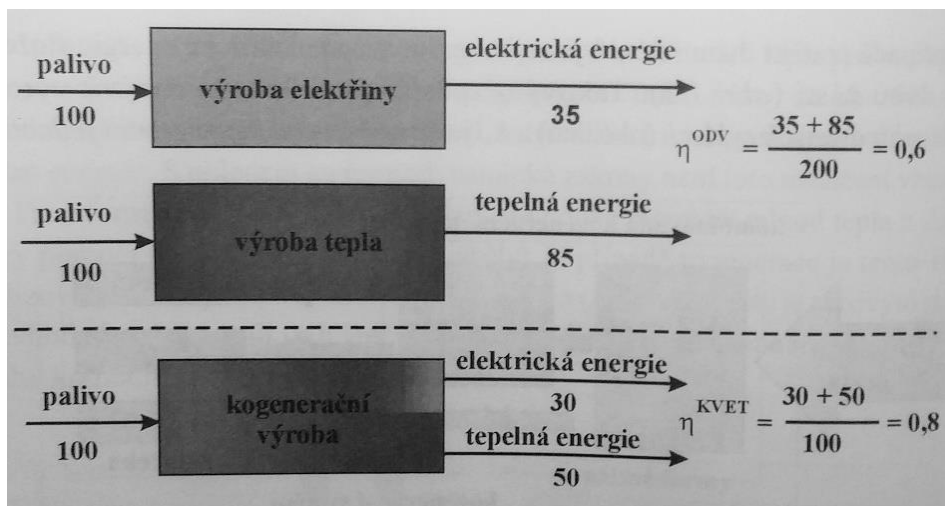
- c) Zařízení na výrobu a úpravu elektrické energie: Toto zařízení je obvykle složeno z elektrického generátoru, případně z elektrického kondicionéru. El. Generátorem je přeměňována mechanická energie na elektrickou. El. kondicionér je používán, když je pro další použití nezbytné, aby byly parametry elektrického proudu upraveny.
- d) Zařízení pro rekuperaci tepelné energie: Je využito k transformaci tepla z primární jednotky na určitou formu a parametry tepelné energie. [86]

KJ jsou nabízeny v široké škále výkonů pro zásobování samostatných objektů či celých měst. Kombinovaná výroba je spjata se stálou výrobou tepla i elektřiny zároveň, proto je nutné před pořízením zvážit, zda bude produkovaná energie efektivně využívána během celého roku. Nadbytečná elektřina, která by byla nad rámec spotřeby, může být za jistých podmínek prodána do veřejné sítě. [86]

Pro využití kogenerace u samostatného RD jsou z nabízených nejvíce vhodné mikrokogenerační nízkovýkonné jednotky s primární jednotkou využívající spalovací motor, obvykle spalující zemní plyn, pro jejich jednoduchý provoz a relativně nízké náklady na pořízení. Momentálně jsou testovány KJ pro komerční využití pracující na základě stirlingova motoru a palivových článků. Avšak celkově je na trhu v dnešní době nabízeno jen malé množství jednotek s nízkým jmenovitým elektrickým i tepelným výkonem. [86]

**Výhody:** současná výroba tepla i elektřiny, nižší spotřeba paliva na jednotku vyrobené energie, snadná napojitelnost na již stávající či plánované technologie, decentralizace výroby, významná redukce distribučních a přenosových ztrát, možnost prodeje přebytečné elektrické energie, nižší emise škodlivin. [86] [87]

**Nevýhody:** pořizovací náklady, návratnost se odvíjí od množství spotřeby energie, nedoporučuje se do menších objektů kde se vyrobená energie nevyužije (zvláště tepelná energie mimo topnou sezónu), hlučnost – nezbytné zabezpečit protihlukovou ochranou. (Tato kapitola čerpá ze zdrojů: [86] [87])



Obrázek 17: Schéma kogenerace a rozdíl v účinnosti [86]

## 11 KOMBINOVANÝ ZPŮSOB VYTÁPĚNÍ

Kombinace více zdrojů tepla pro vytápění může být efektivní cesta jak ideálně využít výhod různých zdrojů při daných podmínkách. Například při změně účinnosti zařízení během roku či přechodu na jiný režim provozu. Dalším přínosem je nezávislost na jednom druhu paliva. [88]

Častá je kombinace kotle na tuhá paliva a solárního systému. Solární systém je, co se z hlediska provozních nákladů týče, levným zdrojem energie. Ale obvykle není možné, aby byl objekt vytápěn a TUV ohřívána s dostatečnou účinností celoročně, zejména v zimě. V zimním období mohou být právě využívány kotle, například na biomasu. Jejich tepelný výkon je dostatečný pro ohřev vody i na vyšší teplotu a současně je ztráta objektu lehce pokrývána i při nejnižších venkovních teplotách. Avšak během letního období, kdy je třeba menších výkonů či jen krátkodobého provozu, je kotel méně vhodnou volbou. Kombinací těchto zdrojů však může být za jistých podmínek dosaženo ideálních nákladů na provoz s rychlou návratností investice. Při návrhu kombinace více zdrojů by mělo docházet k vzájemnému doplňování pro využití předností každého zdroje. V opačném případě při současném využívání by naopak mohlo docházet k navyšování ceny za teplo. [88]

Pro účinný provoz kombinovaných zdrojů je zapotřebí, aby byly spojeny prostřednictvím akumulční nádrže. U většiny zdrojů je pracováno s rozdílnými provozními teplotami. Provozní teplota kotle na biomasu je obvykle daleko vyšší, než u solárních systémů. Proto je v takovém případě příhodné, aby byla navržena vhodná akumulční nádrž, dále vstupy a výstupy jednotlivých zdrojů a topného okruhu a také aby bylo zachováno zónování tepla částí nádrže. Zpravidla ve spodní části nádrže, kde je nižší teplota, je instalován výměník od solárního systému. V horní části pak vstup od kotle na biomasu. Důležitá je i volba objemu této nádrže. Ta záleží především u kotle na jeho výkonu a typu, také na tepelných ztrátách objektu či využitelnost zdroje. Pokud by byla volba vhodné velikosti akumulční nádrže vzhledem k protichůdným potřebám zdroje těžko dosažitelná, je možné řešení formou zapojení dvou nádrží spojených do série, kdy každá nádrž vyhovuje požadavkům zdroje. Pro bezstarostný provoz je nutné, aby byl celý kombinovaný systém správně regulován. [88]

Další možnost kombinace zdrojů může být například spojení zplynovacího kotle na biomasu a kotle na zemní plyn, solárního systému s kotlem na plyn, krbové vložky a elektrického či plynového kotle nebo sálavých panelů s konvekčními topidly. Vždy záleží na konkrétních podmínkách. [88]

**Výhody:** Při vhodném výběru zdrojů lze ušetřit na provozních nákladech, nezávislost na jednom druhu paliva. [88]

**Nevýhody:** Počáteční náklady. Ne vždy je kombinace více zdrojů pro vytápění účelná, kdy se jednotlivé zdroje mezi sebou vzájemně přebíjí, čímž jsou provozní náklady navyšovány. [88]



## 12 NÁVRH ZDROJE TEPLA PRO RODINNÝ DŮM

Pro zajištění tepelného komfortu v RD v topném období je potřeba, aby byl navržen dostatečný výkon otopné soustavy a všech jeho částí tak, aby byla za daných klimatických podmínek, režimu vytápění a vlastnostech izolace a akumulace budovy udržena požadovaná teplota v místnostech. Potřebný výkon zdroje tepla je navrhován z výpočtu tepelných ztrát dle normy ČSN EN 12831. Při výpočtu jsou uvažovány ztráty prostupem, tepelné ztráty větráním a zátopový výkon. Celková tepelná ztráta vytápěného prostoru je poté určena jako:[28]

$$\phi_i = \phi_{T,i} + \phi_{V,i} \text{ [W]}$$

Kde  $\phi_i$ .....celková návrhová tepelná ztráta [W]

$\phi_{T,i}$ .....návrhová tepelná ztráta prostupem tepla [W]

$\phi_{V,i}$ .....návrhová tepelná ztráta větráním [W]

A celkový návrhový tepelný výkon pro budovu či část budovy jako:

$$\phi_{HL} = \sum \phi_{T,i} + \sum \phi_{V,i} + \sum \phi_{RH,i} \text{ [W]}$$

Kde  $\phi_{RH,i}$ .....zátopový tepelný výkon při přerušovaném vytápění [W]

[89]

Výpočet tepelných ztrát však není námětem této práce. Návrh je zaměřen na výběr zdroje tepla a jeho paliva. Při návrhu je kladen důraz především na finanční stránku. Tedy na pořizovací náklady, provozní náklady, případně na celkovou návratnost. Při konečném srovnání musí být brán zřetel na případnou dostupnost paliva v dané lokalitě a zabezpečení dodávek paliva i v budoucnosti. Mimo to je nutné zdroj vybírat s ohledem na možnost uskladnění paliva a časovou náročnost obsluhy.

### 12.1 Informace o objektu

V rodinném domě je momentálně obstarán ohřev TUV a vytápění pomocí kombinovaného kondenzačního kotle na zemní plyn, pro který je i uzpůsobena otopná soustava. Tepelné ztráty domu jsou 15 kW. Při výběru tedy zdroj tepla nesmí disponovat nižším výkonem. Potřebné teplo, které je třeba dodat zdrojem tepla, bude určeno podle spotřeby zemního plynu. V objektu je tedy zemní plyn využíván v zimním období pro ohřev TUV a vytápění, v letním pouze na ohřev TUV. Na základě faktury za plyn RD byla dodána informace o celkové roční spotřebě plynu. Ta byla zjištěna na 1090 m<sup>3</sup>, přičemž dodané množství energie plynem je dle faktury 11 730 kWh. Rovněž bylo zjištěno, že v letním období, kdy je spotřebováván plyn pouze na ohřev TUV, je průměrná spotřeba 17,01 m<sup>3</sup> měsíčně.

### 12.2 Výpočet

Spotřeba zemního plynu pouze na vytápění za rok, kdy plynem není ohřívána TUV =

Celoroční spotřeba plynu [m<sup>3</sup>] – (Počet měsíců v roce · Průměrná spotřeba plynu v letním měsíci [m<sup>3</sup>]) =  
1090 – (12 · 17,01) = 885,88 m<sup>3</sup>

Získané teplo při spalení určitého objemu plynu je vypočteno pomocí serveru *tzbinfo*:

$$Q = V_p \cdot k \cdot H_s \text{ [kWh] [90]}$$

$H_s$ ..... Spalné teplo [kWh/m<sup>3</sup>]

$k$ .....Přepočtový objemový součinitel<sup>19</sup>

$V_p$ .....Objem spotřebovaného zemního plynu [m<sup>3</sup>].

Z této rovnice lze vypočítat spalné teplo:

$$H_s = \frac{Q}{k \cdot V_p} = \frac{11730}{1 \cdot 1090} = 10,76146789 \text{ kWh/ m}^3$$

Ze spotřeby zemního plynu na vytápění a spalného tepla je možné zjistit množství dodané tepelné energie  $Q$  z paliva na vytápění RD za rok:

$$Q_{\text{palivem}} = 885,88 \cdot 10,76146789 \cong 9533,37 \text{ kWh}$$

Pro tento výpočet může být použita i trojčlenka :

$$\frac{11730 \text{ kWh}}{1090 \text{ m}^3} = \frac{Q_{\text{palivem}} \text{ kWh}}{885,88 \text{ m}^3}$$


$$Q_{\text{palivem}} = \frac{11730}{1090} \cdot 885,88 \cong 9533,37 \text{ kWh}$$

$$Q_{\text{palivem}} = Q_{\text{roční spotřeba tepelné energie pro vytápění RD}}$$

Přepočet kWh na MJ<sup>20</sup>:

$$9533,37 \text{ kWh} = 34\,320,132 \text{ MJ [91]}$$

### 12.3 Návrh 1

<p>Ocelový kotel DAKON DOR F 16 na tuhá paliva s klasickým spalováním. Určen pro spalování hnědého uhlí a hnědouhelných briket. Náhradní palivem je dřevo, brikety, černé uhlí a krátkodobě i koks. Kotel splňuje emisní limity třídy 3 dle normy ČSN EN 303-5. [92]</p>	 <p><b>Obrázek 18 Kotel Dakon DOR F 16 [114]</b></p>
Celkový výkon [kW]	16 [92]
Účinnost kotle $\eta$ [%]	77(60 <sup>21</sup> ) [92]
Předepsané palivo	Hnědé uhlí ořech 1 [92]

<sup>19</sup> Za normálních podmínek je hodnota součinitele  $k=1$ , ve výpočtu bylo tedy uvažováno s touto hodnotou. [90]

<sup>20</sup> 1 kilowathodina = 3 600 000 joulů [91]

<sup>21</sup> Účinnost kotle při zapojení bez akumulární nádrže, určená na základě konzultace.

Cena kotle [Kč]	15 760 [92]
Výhřevnost hnědého uhlí $H_u$ [MJ/kg]	17,6 <sup>22</sup> [93]
Cena paliva/q [Kč]	297 [93]

Roční spotřeba uhlí během topného období bez akumulární nádrže:

$$Sp1 = \frac{Q_{\text{palivem}}}{\eta \cdot H_u} = \frac{34\,320,132}{0,6 \cdot 17,6} \cong \mathbf{3250\,kg}$$

Roční spotřeba uhlí období s akumulární nádrží:

$$Sp2 = \frac{Q_{\text{palivem}}}{\eta \cdot H_u} = \frac{34\,320,132}{0,77 \cdot 17,6} \cong \mathbf{2532,5\,kg}$$

Náklady na vytápění při topení uhlím bez akumulární nádrže:

$$Nv1 = Sp1 \cdot \text{cena paliva} = \frac{3250}{100} \cdot 297 \cong \mathbf{9653\,Kč}$$

Náklady na vytápění při topení uhlím s akumulární nádrží:

$$Nv2 = Sp2 \cdot \text{cena paliva} = \frac{2532,5}{100} \cdot 297 \cong \mathbf{7522\,Kč}$$

Akumulární nádrž:

Vybrána akumulární nádrž LMG 1000 d790 0V + izolace [94]

Objem nádrže<sup>23</sup> : 1000 l

Cena akumulární nádrže + izolace : 8899 + 5495 Kč

Pořizovací náklady při topení kotlem DAKON DOR F 16 bez akumulární nádrže:

Celková cena= cena kotle= **15 760 Kč**

Celkové pořizovací a provozní náklady při topení kotlem DAKON DOR F 16 s akumulární nádrží:

Celková cena= cena kotle + cena akumulární nádrže = **15 760 + 14 394 = 30 154 Kč**

Cena za vytápění plynem:

Spotřebované teplo = 9533,37 kWh

Průměrná cena za odběr zemního plynu v odběrovém pásmu 7,56-15MWh  $\cong$  1350 Kč/MWh [95]

Stálý měsíční plat v daném pásmu  $\cong$  280 Kč [95]

<sup>22</sup> Průměrná výhřevnost dle údajů prodejce. [93]

<sup>23</sup> Objem určen na základě konzultace.

$$\begin{aligned} \text{Cena za spotřebovaný plyn} &= \text{cena za MWh} \cdot \text{spotřebované teplo} + \text{stálé měsíční poplatky} = \\ &= 1350 \cdot 9,53337 + 12 \times 280 \cong \mathbf{16\,230\,Kč} \end{aligned}$$


Návratnost při pořízení kotle na hnědé uhlí bez akumulční nádrže:

$$\text{Návratnost}_1 = \frac{15\,760}{16\,230 - 9653} = \mathbf{2,39\,let}$$

Návratnost při pořízení kotle na hnědé uhlí s akumulční nádrží:

$$\text{Návratnost}_2 = \frac{30\,154}{16\,230 - 7522} = \mathbf{3,46\,let}$$

## 12.4 Návrh 2

<p>Automatický kotel OGNIWO EKO Plus 16. Určen pro spalování černého uhlí a pelet. Náhradní palivem je kusové dřevo (nouzový rošt). Kotel splňuje normu EN 303-5: 3. třída (hnědé uhlí), 4. třída (černé uhlí) a 5. třída (pelety). Součástí kotle je řídicí jednotka eCOAL. Objem násypky paliva 180 l. [96]</p>	 <p><b>Obrázek 19 Automatický kotel OGNIWO EKO Plus 16 [97]</b></p>
Celkový výkon [kW]	16 [96]
Účinnost kotle $\eta$ [%]	90,2 [96]
Předepsané palivo	černé uhlí eko-hrášek (zrnitost 5-30 mm), pelety (průměr 6-10 mm, délka 25 mm) [96]
Cena kotle [Kč]	51 050 [96]
Výhřevnost černého uhlí $H_u$ [MJ/kg]	23 <sup>24</sup>
Výhřevnost pelet $H_u$ [MJ/kg]	18 <sup>25</sup>
Cena černého uhlí/1000 kg [Kč]	5323 <sup>24</sup>
Cena pelet/1000 kg [Kč]	5500 <sup>25</sup>

Roční spotřeba uhlí během topné sezóny:

$$\text{Sp}_3 = \frac{Q_{\text{palivem}}}{\eta \cdot H_u} = \frac{34\,320,132}{0,902 \cdot 23} \cong \mathbf{1655\,kg}$$

<sup>24</sup> Dle údajů prodejce. [116]

<sup>25</sup> Dle údajů prodejce. [117]

Roční spotřeba pelet během topné sezóny:

$$Sp_4 = \frac{Q_{\text{palivem}}}{\eta \cdot H_u} = \frac{34\,320,132}{0,902 \cdot 18} \cong \mathbf{2114\,kg}$$

Náklady na vytápění při topení uhlím:

$$Nv_3 = Sp_3 \cdot \text{cena paliva} = \frac{1655}{1000} \cdot 5323 \cong \mathbf{8809\,Kč}$$

Náklady na vytápění při topení peletama:

$$Nv_4 = Sp_4 \cdot \text{cena paliva} = \frac{2114}{1000} \times 5500 \cong \mathbf{11\,627\,Kč}$$


Návratnost při pořízení automatického kotle při topení černým uhlím:

$$\text{Návratnost}_3 = \frac{51\,050}{16\,230 - 8809} = \mathbf{6,88\,let}$$

Návratnost při pořízení automatického kotle při topení peletami:

$$\text{Návratnost}_4 = \frac{51\,050}{16230 - 11\,627} = \mathbf{11,09\,let}$$

### 12.5 Návrh 3

<p>Atmos DC 18 S - Zplynovací kotel na dřevo. Určen pro spalování dřeva. Kotel splňuje normu dle ČSN EN 303-5 třídy 3, 4, 5. [98] Kotel musí být připojen s Laddomatem 21,22 nebo termoregulačním ventilem, aby byla regulována teplota vratné vody minimálně na 65 °C. Cena Laddomatu 22 je 8820 Kč. [99]</p>	 <p><b>Obrázek 20 Atmos DC 18 S - Zplynovací kotel na dřevo [100]</b></p>
Celkový výkon [kW]	20 [99]
Účinnost kotle $\eta$ [%]	81-87 [99]
Předepsané palivo	suché dřevo o výhřevnosti 15-18 MJ, minimálně 2 roky staré, o vlhkosti 12 % až 20 %, o maximální délce polen 330 mm, o průměru 80 - 150 mm [99]
Cena kotle [Kč]	28 720 [99]
Výhřevnost dubového dřeva (tvrdé dřevo) $H_u$ [MJ/PRMr <sup>26</sup> ]	7430 <sup>27</sup>

<sup>26</sup> PRMr = prostorový metr rovnaný, 1 plnometr  $\cong 1,55$  PRMr. [115]

<sup>27</sup> Dle údajů prodejce. [118]

Cena za PRMr (délka polen 25 cm) [Kč]	1725 <sup>27</sup>
Výhřevnost směsi jehličnatého dřeva <sup>28</sup> – smrk, borovice, modřín (měkké dřevo) H <sub>u</sub> [MJ/PRMr]	5440 (smrk) <sup>27</sup>
Cena za PRMr (délka polen 25 cm) [Kč]	1200 <sup>27</sup>

Celková cena za pořízení kotle a Laddomatu 22 = 28 720 + 8820 = **37 540 Kč**

Roční spotřeba dubového dřeva během topné sezóny:

$$Sp5 = \frac{Q_{palivem}}{\eta \cdot H_u} = \frac{34\,320,132}{0,81 \cdot 7430} \cong \mathbf{5,7\,PRMr}$$

Roční spotřeba směsi jehličnatého dřeva během topné sezóny:

$$Sp6 = \frac{Q_{palivem}}{\eta \cdot H_u} = \frac{34\,320,132}{0,81 \cdot 5440} \cong \mathbf{7,8\,PRMr}$$

Náklady na vytápění při topení dubovým dřevem:

$$Nv5 = Sp5 \cdot \text{cena za PRMr} = 5,7 \cdot 1725 \cong \mathbf{9833\,Kč}$$

Náklady na vytápění při topení smrkovým dřevem:

$$Nv6 = Sp6 \cdot \text{cena za PRMr} = 7,8 \cdot 1200 \cong \mathbf{9360\,Kč}$$

Návratnost při pořízení zplynovacího kotle při topení dubovým dřevem:

$$\text{Návratnost}_5 = \frac{37\,540}{16\,230 - 9833} = \mathbf{5,87\,let}$$


Návratnost při pořízení zplynovacího kotle při topení smrkovým dřevem:

$$\text{Návratnost}_6 = \frac{37\,540}{16\,230 - 9360} = \mathbf{5,46\,let}$$

---

<sup>28</sup> Byla uvažována nejvyšší výhřevnost z obsaženého palivového dřeva.

## 12.6 Návrh 4

<p>Tepelné čerpadlo EasyMaster 45Z<sup>29</sup>. Jedná se o typ vzduch – voda s dělenou konstrukcí (split), s ventilátorem s plynulou regulací otáček, vestavěným elektrokotlem a možností chlazení. Je zde použit scroll kompresor s pevnými otáčkami. Rozsah teplot vzduchu od 30 °C do -20 °C [101] Proudová hodnota jističe byla odhadnuta dle portálu <a href="http://www.cez.cz">www.cez.cz</a> [102] Průměrná cena dle sazby byla určena dle ceníku na portálu <a href="http://www.tzb-info.cz">www.tzb-info.cz</a> [103]</p>	 <p><b>Obrázek 21 Tepelné čerpadlo EasyMaster 45Z [104]</b></p>
Topný faktor [-]	4,4 při A7W35 <sup>30</sup> 3,5 při A2W35 2,9 při A-7W35 [101]
Topný výkon [kW]	18 při A7W35 13,9 při A2W35 11,2 při A-7W35 [101]
Cena tepelného čerpadla [Kč]	251 559 [101]
Topný výkon elektrokotle [kW]	7,5 [101]
Průměrná cena při sazbě D56 d (dvoutarifová sazba pro vytápění tepelným čerpadlem) [Kč/kWh]	Nízký tarif (22 h) $\cong$ 2,3 Vysoký tarif (2 h) $\cong$ 2,76
Průměrná měsíční sazba za jistič v kategorii nad 3x25 A do 3x32 A včetně [Kč/měsíc]	530

Pro chod je vhodné zařadit akumulční nádrž (např. LMG 1000 d790 0V + izolace [94] = **14 394 Kč**)

Přibližné náklady za vytápění při odběru elektřiny pouze v nízkém tarifu:

$$\begin{aligned}
 N_{v7} &= \frac{\text{Roční spotřeba tepelné energie pro vytápění RD}}{\text{topný faktor}} \cdot \text{cena za kWh} + \text{roční poplatky za jistič} = \\
 &= \frac{9533,37}{3,5} \cdot 2,3 + 12 \cdot 530 \cong \mathbf{12\,625\,Kč}
 \end{aligned}$$


Návratnost při pořízení tepelného čerpadla:

$$\text{Návratnost}_7 = \frac{251\,559 + 14\,394}{16\,230 - 12\,625} = \mathbf{73,8\,let}$$

<sup>29</sup> Tepelné čerpadlo je zde navrhováno pro monovalentní provoz.

<sup>30</sup> Symboly A7W35 jsou označeny podmínky, při kterých byl topný faktor naměřen, dle normy ČSN EN14511. A2 = teplota venkovního vzduchu 2 °C, W35 = výstupní teplota vody 35 °C. [101]

## 12.7 Návrh 5

<p>Elektrokotel THERM EL 15. Ke kotli může být připojen externí nepřímotopný zásobník na ohřev TUV. Funkce spínání kotle zapomocí signálu HDO (hromadné dálkové vypínání). [130] Průměrná cena dle sazby byla určena dle ceníku na portálu <a href="http://www.tzb-info.cz">www.tzb-info.cz</a> [103] Proudová hodnota jističe byla odhadnuta dle portálu <a href="http://www.cez.cz">www.cez.cz</a> [102]</p>	 <p style="text-align: center;"><b>Obrázek 22 Elektrokotel THERMEL 15 [105]</b></p>
Jmenovitý tepelný výkon [kW]	15 [130]
Minimální regulační stupěň výkonu [W]	2500 [130]
Účinnost při jmenovitém výkonu $\eta$ [%]	99,5 [130]
Cena elektrokotle [Kč]	24 079 [130]
Průměrná cena při sazbě D45d (dvoutarifová sazba s řízením doby platnosti nízkého tarifu po dobu 20 h) [Kč/kWh]	Nízký tarif $\cong 2,35$ Vysoký tarif $\cong 2,88$
Průměrná měsíční sazba za jistič v kategorii nad 3x40 A do 3x50 A včetně [Kč/měsíc]	780

Pro chod je vhodné zařadit akumulární nádrž (např. LMG 1000 d790 0V + izolace [94])  
= **14 394 Kč**

Přibližné náklady za vytápění při odběru elektřiny pouze v nízkém tarifu:

$$\begin{aligned}
 N_{v8} &= \frac{Q_{\text{roční spotřeba tepelné energie pro vytápění RD}}}{\eta} \cdot \text{cena za kWh} + \text{roční poplatky za jistič} = \\
 &= \frac{9533,37}{0,995} \cdot 2,35 + 12 \cdot 780 \cong \mathbf{31\,876\,Kč}
 \end{aligned}$$

Finanční ztráty při pořízení elektrokotle:

$$Z_{\text{tráty8}} = 31\,876 - 16\,230 = \mathbf{15\,646/\text{ročně}}$$



### 13 ZHODNOCENÍ NÁVRHŮ

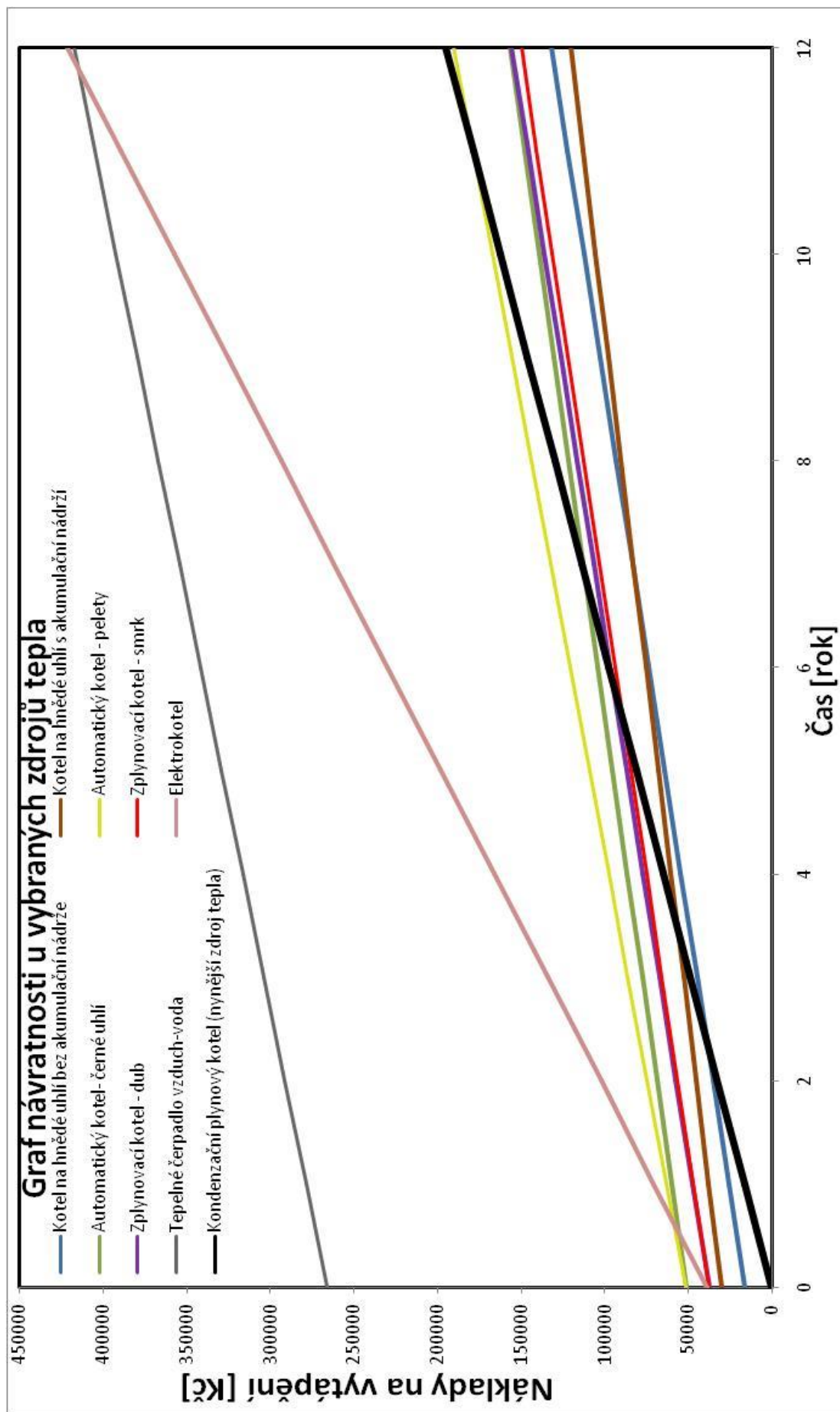
V modelovém RD je zdroj tepla kondenzační kotel na zemní plyn. Tomuto je i přizpůsobena otopná soustava (nizkotepelná). Proto při uvažované výměně zdroje tepla za tepelné čerpadlo či elektrokotel není třeba dalších změn. Pro kotle na tuhá paliva je otopná soustava naopak předimenzovaná. Problémem není ani dostupnost nebo skladování navrhovaných paliv.

Z vybraných návrhů z hlediska finanční stránky je nejvýhodnější zakoupení kotle DOR F 16 na tuhá paliva. Při topení hnědým uhlím s akumulací nádrží jsou finanční náklady na pořízení 30 154 Kč a roční náklady na palivo 7522 Kč. Z hlediska komfortu vytápění je to však společně se zplynovacím kotlem Atmos DC 18 S na dřevo nejhorší možnost. U zplynovacího kotle je cena při použití tvrdého a měkkého dřeva přibližně stejná (vytápění měkkým dřevem vychází o 473 Kč levněji), avšak u měkkého je zapotřebí pořídit větší množství. Komfortně nejvhodnější jsou návrhy elektrokotle THERM EL 15 a tepelného čerpadla EasyMaster 45Z. U elektrokotle jsou však roční náklady na vytápění odhadovány na 31 876 Kč, což je nejvíce z navrhovaných. Změna z kondenzačního kotle na elektrokotel by tedy byla značně finančně nevýhodná. Při topení tepelným čerpadlem jsou nároky na elektřinu nižší, dle výpočtu přibližně 12 625 Kč, avšak z hlediska návratnosti investice při přechodu z kondenzačního kotle je návratnost příliš vysoká. Mezi dostupnými z hlediska komfortu je automatický kotel na pelety a uhlí. Při spalování uhlí s předurčenou velikostí jsou náklady druhé nejmenší z navrhovaných a to 8809 Kč. Při spalování pelet byly náklady stanoveny na 11 627 Kč. Návratnost kotle 6,88 – 11,09 let je však třetí nejhorší. Návratnost investice u vybraných návrhů jsou zobrazeny v Grafu 4. Investiční a provozní náklady jsou znázorněny v Tabulce 4.

Vypočítané finanční náklady a návratnost jsou pouze orientační. Není v nich započítána cena za instalaci, případný servis, revize a kompletní pořízení všech nezbytných příslušenství pro zapojení, zabezpečení, regulaci a samostatný chod zdroje tepla. Zároveň je třeba brát v potaz nepřesné dávkování u kotlů s ruční dodávkou paliva. Rovněž se při změně požadovaného výkonu zdroje tepla mění jeho účinnost.

Tabulka 4 : Investiční a provozní náklady u navrhovaných zdrojů

NÁZEV ZDROJE TEPLA	INVESTIČNÍ NÁKLADY	PROVOZNÍ NÁKLADY
Kondenzační kotel na plyn (nynější zdroj tepla)		16 230 Kč
Kotel DOR F 16: hnědé uhlí	15 760 Kč	9653 Kč
Kotel DOR F 16 + akumulací nádrž: hnědé uhlí	30 154 Kč	7522 Kč
Automatický kotel OGNIWO EKO Plus 16: černé uhlí	51 050 Kč	8 809 Kč
Automatický kotel OGNIWO EKO Plus 16: pelety	51 050 Kč	11 627 Kč
Atmos DC 18 S + Laddomat 22: tvrdé dřevo	37 540 Kč	9833 Kč
Atmos DC 18 S + Laddomat 22: měkké dřevo	37 540 Kč	9360 Kč
Tepelné čerpadlo EasyMaster 45Z + akumulací nádrž	265 953 Kč	12 625 Kč
Elektrokotel THERM EL 15 + akumulací nádrž	38 473 Kč	31 876 Kč



Graf 4: Graf návratnosti u vybraných zdrojů tepla

## 14 ZÁVĚR

Hlavním cílem této práce bylo srovnat dostupné zdroje tepla pro domovní vytápění, dále pro konkrétní dům navrhnout zdroje tepla a na závěr tyto návrhy ekonomicky posoudit.

V první části je nejdříve shrnuta historie vytápění a následně srovnány jednotlivé zdroje tepla. Vývoj zdrojů tepla se od minulosti postupně vyvíjel zejména v oblasti zvyšování komfortu vytápění. V poslední době je tento vývoj zaměřen mimo pohodlí i na regulaci pro dosažení stabilní tepelné pohody, efektivitu, emise a celkové dopady na životní prostředí. V dnešní době je tedy možné vybírat z široké škály zdrojů tepla fungujících na různorodém způsobu produkování tepla, případně z odlišných druhů paliv. U každého zdroje tepla jsou rozdílné pořizovací i provozní náklady, jejich účinnost, komfort vytápění, případné revize, dostupnost či vhodnost pro vytápění objektu daných parametrů. Při výběru zdroje tepla je nutné brát v potaz i tepelné ztráty objektu a potřebu tepla pro vytápění RD, s čím je spojeno zateplení objektu.

V druhé části byly navrženy různé zdroje tepla pro konkrétní RD, v kterém je vytápěno zemním plynem v kondenzačním kotli. Ekonomické posouzení bylo provedeno prostřednictvím spotřebovaného tepla nutného pro vytápění během topné sezóny. Toto teplo bylo zjištěno pomocí spotřebovaného zemního plynu. Při výpočtu nákladů a návratností bylo využíváno znalosti roční spotřeby tepla, účinností a pořizovacích nákladů tepelných zdrojů a také ceny a výhřevnosti paliv. Byl navržen kotel DAKON DOR F na hnědé uhlí s klasickým spalováním s i bez akumulací nádrže, automatický kotel OGNIWO EKO 16 na černé uhlí a pelety, zplynovací kotel Atmos DC 18 S při použití tvrdého a měkkého dřeva, tepelné čerpadlo vzduch- voda EasyMaster 45Z s akumulací nádrží a elektrokotel THERM EL 15 také s akumulací nádrží.

Z výsledků bylo zjištěno, že pro daný dům je z finančního hlediska nevhodné měnit stávající kondenzační kotel na zemní plyn za elektrokotel či tepelné čerpadlo. Po finanční stránce nejlépe vychází z navrhovaných kotel na hnědé uhlí, ať už s použitím akumulací nádrže pro zvýšení účinnosti provozu, nebo bez ní. Další vhodnou volbou byl z výpočtů určen zplynovací kotel na dřevo. Při výběru těchto zdrojů je však jistým způsobem snížen komfort vytápění. Určitým kompromisem mezi komfortem a náklady na vytápění je z navrhovaných nejvhodnější automatický kotel na černé uhlí a pelety.

Návratnost u kotle na uhlí je 2,4-3,5 let, u automatického kotle 6,9-11,1 let, u zplynovacího kotle 5,5-5,9 let, u tepelného čerpadla 73,8 let a u elektrokotle byla vypočtena ztráta 15 646 Kč ročně.

Náklady na teplo jsou jedním z majoritních výdajů každé rodiny, proto je volba zdroje tepla zásadním rozhodnutím, jež má značný vliv na hospodaření domácnosti. Otázku vytápění je třeba řešit již při navrhování a stavbě RD, kdy je kvalitní zateplení objektu jedním z hlavních aspektů pro snížení energetické náročnosti. Z hlediska zdrojů energie je pro úsporu neobnovitelných zdrojů naší planety, zejména fosilních paliv, nezbytné co nejvíce využívat zdroje obnovitelné.

## SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. Historie a budoucnost dálkového vytápění. Dálkové vytápění - ekologické teplo bez starostí [Online]. Teplárenské sdružení České republiky [Citace: 5. 1. 2017]. Dostupné z: <http://www.naseteplo.cz/?id=2020>
2. POLEDŇÁKOVÁ, D. Historie vytápění. In: *Digitální učební materiály*. [Online] 2013. [Citace: 5. 1. 2017]. Dostupné z: <http://dumy.cz/nahled/54123>
3. LÁZŇOVSKÝ, Miroslav, KUBÍN, Milan a FISCHER, Petr. Tabulka Závislost výhřevnosti dřeva na jeho vlhkosti. *Vytápění rodinných domků*. Praha : Nakladatelství T. Malina, 1996. 148 s.
4. Obnovitelné zdroje. *Ekostrážce*. [Online] [Citace: 5. 1. 2017]. Dostupné z: <http://www.ekostrazce.cz/texty/obnovitelne-zdroje>.
5. RUBINOVÁ, Olga. Tepelná soustava. [www.fce.vutbr.cz](http://www.fce.vutbr.cz). [Online] [Citace: 15. 1. 2017]. Dostupné z: [http://www.fce.vutbr.cz/tzb/rubinova.o/prednasky/a\\_ut%2002\\_09.pdf](http://www.fce.vutbr.cz/tzb/rubinova.o/prednasky/a_ut%2002_09.pdf)
6. Obnovitelné zdroje energie. *Nalezeno.cz*. [Online] NetBrokers Holding, 2015. [Citace: 5. 1. 2017]. Dostupné z: <http://www.nazeleno.cz/obnovitelne-zdroje-energie.dic>. ISSN 1803-4160
7. JAKUBES, J., PIKÁLEK, J. a PROUZA, L. Příručka - obnovitelné zdroje energie. *Komora.cz*. [Online] 2006. [Citace: 6. 1. 2017.]. Dostupné z: <http://www.komora.cz/DownloadHandler.aspx?method=GetFileDownload&fileID=259&Don'tParse=true>
8. Odbor statistiky průmyslu, stavebnictví a energetiky. *Spotřeba paliv a energií v domácnostech*. [Online] Praha : Český statistický úřad [Citace: 23. 2. 2017]. ISBN 978-80-250-2751-6. Dostupné z: [https://www.czso.cz/documents/10180/50619982/ENERGO\\_2015.pdf/86331734-a917-438a-b3c2-43a5414083fc?version=1.4](https://www.czso.cz/documents/10180/50619982/ENERGO_2015.pdf/86331734-a917-438a-b3c2-43a5414083fc?version=1.4)
9. *STATISTIKA & MY: MĚSÍČNÍK ČESKÉHO STATISTICKÉHO ÚŘADU* [Online]. Český statistický úřad, 2017, roč. 7, č. 2. ISSN 1804-7149. Dostupné z: <http://www.statistikaamy.cz/wp-content/uploads/2017/03/18041702.pdf>
10. PONCAROVÁ, Jana. Hitparáda vytápění: Dřevo, uhlí, elektřina, nebo plyn? *peníze.cz*. [Online] 21. 10. 2015. [Citace: 15. 2 2017]. Dostupné z: <http://www.penize.cz/bydleni/305071-hitparada-vytapeni-drevo-uhli-elektrina-nebo-plyn>
11. Autor neznámý. Zemědělské bioplynové stanice. *eagri.cz*. [Online] [Citace: 1. 4. 2017]. Dostupné z: [http://eagri.cz/public/web/file/3668/\\_4\\_BIOPLYN.pdf](http://eagri.cz/public/web/file/3668/_4_BIOPLYN.pdf)
12. PONCAROVÁ J. Domácí malá bioplynová stanice. *EkoLid.cz*. [Online] 3. 8 2013. [Citace: 10. 2. 2017]. Dostupné z: <http://www.ekolid.cz/domaci-mala-bioplynova-stanice-vyplati-se/>

13. Autor neznámý. Jak se vyznat v sazbách elektřiny? *www.cenyenergie.cz*. [Online] 7. 10 2015. [Citace: 6. 4. 2017]. Dostupné z: <http://www.cenyenergie.cz/jak-se-vyznat-v-sazbach-elektřiny/#/promo-ele>
14. GROHMANN, Jan. Vytápění rodinného domu elektřinou. *www.ekobydleni.eu*. [Online] 26. 1. 2011. [Citace: 6. 4. 2017]. Dostupné z: <http://www.ekobydleni.eu/nizkoenergeticke-bydleni/vytapeni-rodinneho-domu-elektřinou-vyhodnejši-nez-plyn>
15. BUDÍN, Jan. Využití odpadního tepla pro výrobu elektřiny, tepla a chladu. *www.oenergetice.cz*. [Online] [Citace: 6. 4. 2017]. Dostupné z: <http://oenergetice.cz/technologie/teplo/vyuziti-odpadniho-tepla-pro-vyrobu-elektřiny-tepla-a-chladu/>
16. Autor neznámý. Dálkové vytápění - ekologické teplo bez starostí. *naseteplo.cz*. [Online] [Citace: 15. 2. 2017]. Dostupné z: <http://www.naseteplo.cz/>
17. Šance pro budovy. Energetické standardy budov. *sanceprobudovy.cz*. [Online] [Citace: 1. 4. 2017]. Dostupné z: <http://www.sanceprobudovy.cz/assets/files/Energeticke%20standardy.pdf>
18. Dufka, Jaroslav a Hodbod', Josef. Co je teplotní spád a jaký má význam pro topnou soustavu. *ESTAV.cz*. [Online] 7. 2 2017. [Citace: 5. 2. 2017]. Dostupné z: <https://www.estav.cz/cz/4573.co-je-teplotni-spad-a-jaky-ma-vyznam-pro-topnou-soustavu>
19. Lázňovský, Miroslav, Kubín, Milan a Fischer, Petr. *Vytápění rodinných domků*. Praha : Nakladatelství T.Malina, 1996. ISBN 80-901975-2-3.
20. Autor neznámý. Tepelné zdroje vytápění. *Vytápění rodinných domů*. [Online] Ekonomické stavby rodinných domů, 2010. [Citace: 22. 1. 2017]. Dostupné z: <http://www.vytapeni-rodinnych-domu.cz/tepelne-zdroje-vytapeni>
21. MUNTINGER, Karel. Možnosti vytápění. *Nalezeno.cz*. [Online] 28. 7. 2009. NetBrokers Holding, 2015. [Citace: 4. 1. 2017]. Dostupné z: <http://www.nazeleno.cz/moznosti-vytapeni-cim-muzete-topit-a-za-kolik.aspx>
22. Černá, Jana. Ústřední nebo etážové vytápění? <http://www.ceskestavby.cz>. [Online] 11. 2 2013. [Citace: 15. 1. 2017]. Dostupné z: <http://www.ceskestavby.cz/clanky/ustredni-nebo-etazove-vytapeni-21760.html>
23. Autor neznámý. Centrální teplo nebo vlastní vytápění? *www.nasnavody.cz*. [Online] [Citace: 15. 1. 2017]. Dostupné z: <http://www.nasnavody.cz/technicke-zarizeni/centralni-teplo-nebo-vlastni-vytapeni>
24. Tajbr, Stanislav. Prim na trhu hrají desková otopná tělesa. *Časopis stavebnictví*. [Online] 11. 12 2007. [Citace: 18. 1. 2017]. Dostupné z: [http://www.casopisstavebnictvi.cz/prim-na-trhu-hraji-deskova-otopna-telesa\\_N511](http://www.casopisstavebnictvi.cz/prim-na-trhu-hraji-deskova-otopna-telesa_N511)
25. Otopná tělesa. *topenáři EKOMPLEX*. [Online] [Citace: 18. 1. 2017]. Dostupné z: <http://www.topeni-topenari.eu/topeni/otopna-telesa.php>

26. Autor neznámý. OTOPNÁ TĚLESA. *www.fast10.vsb.cz*. [Online] [Citace: 6. 4. 2017]. Dostupné z: <http://fast10.vsb.cz/studijni-materialy/tzb-fbi/8.html>
27. Teplovzdušné topení. *Instalatéři EKOMPLEX*. [Online] [Citace: 4. 1. 2017]. Dostupné z: <http://www.topeni-topenari.eu/topeni/systemy-vytapeni/teplovzduzne.php>
28. BROŽ, Karel. *Vytápění*. Praha : Česká technika - nakladatelství ČVUT, 2006. ISBN 80-01-02536-5.
29. Autor neznámý. Potrubí pro podlahové topení. *www.1-topeni-levne.cz*. [Online] [Citace: 20. 2. 2017]. Dostupné z: <https://www.1-topeni-levne.cz/deploy/img/fck/Image/podlahove-teplovodni-topeni-cena-2.jpg>
30. LULKOVÍČOVÁ, Otília, a další. *Zdroje tepla a domovní kotelny*. Bratislava : Jaga group, 2004. ISBN 80-8076-002-0.
31. Topidla klasická pro obytné domy a domácnost. *Instalatéři EKOMPLEX*. [Online] [Citace: 4. 1. 2017]. Dostupné z: <http://www.topeni-topenari.eu/topeni/topidla-klasicka.php>
32. BALÁŠ, Marek. *Kotle a výměníky tepla. Vyd. 2*. Brno : Akademické nakladatelství CERM, 2013. ISBN 978-80-214-4770-7.
33. OCHRANA, Ladislav. *Kotle a výměníky tepla*. Brno : Akademické nakladatelství CERM, s.r.o., 2004. ISBN 80-214-2847-3.
34. HORÁK Jiří, KUBESA Petr. Kotle na tuhá paliva pro ústřední vytápění rodinných domů. *www.vec.vsb.cz*. [Online] 2017. [Citace: 8. 1. 2017]. Dostupné z: <http://vec.vsb.cz/smokeman/katalog-obrazku/clanek-2/46-poster-kotle-na-tuha-paliva-univerzal.pdf>
35. TOMÁŠEK, Jan. Výběr kotle na tuhá paliva. *ireceptář.cz*. [Online] VIZUS & Tarsago, 2017. [Citace: 8. 1. 2017]. Dostupné z: <http://www.ireceptar.cz/domov-a-bydleni/energie-a-vytapeni/jak-vybrat-kotel-na-tuha-palivadle-ucinnosti-emisni-tridy-i-dotace/>
36. HEJRAL, Martin. Prohořívací způsob spalování. *www.ireceptar.cz*. [Online] VIZUS & Tarsago, 15. 9 2015. [Citace: 7. 1. 2017] <http://www.ireceptar.cz/res/archive/268/031977.jpg?seek=1410942748>
37. HEJRAL, Martin. Kotel se spodním hořením. *ireceptář.cz*. [Online] VIZUS & Tarsago, 15. 9 2015. [Citace: 7. 1. 2017] <http://www.ireceptar.cz/res/archive/268/031976.jpg?seek=1410942743>
38. HEJRAL, Martin. Zplynovací kotel. *www.ireceptar.cz*. [Online] VIZUS & Tarsago, 15. 9 2015. [Citace: 7. 1. 2017] <http://www.ireceptar.cz/res/archive/268/031978.jpg?seek=1410942754>
39. KOLONIČNÝ, Jan, HORÁK, Jiří a ŠEVČÍKOVÁ PETRÁNKOVÁ, Silvie. *Kotle malých výkonů na pevná paliva*. [online] Ostrava : Technická univerzita Ostrava Výzkumné

energetické centrum, 2011. ISBN 978-80-248-2542-7. Dostupné z:  
<http://www.iczt.cz/cs/doc/kotleMV.pdf>

40. PODLUCKÁ, Lucie. V čem se liší automatické kotle na tuhá paliva od těch běžných? Třetinová úspora nákladů je jen jeden rozdíl! *Biom.cz*. [Online] 3. 12 2012. [Citace: 18. 2. 2017]. Dostupné z: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/v-cem-se-lisi-automaticke-kotle-na-tuha-paliva-od-tech-beznych-tretinova-uspورا-nakladu-je-jen-jeden-rozdil>

41. Autor neznámý. Akumulační zásobníky ušetří desetitisíce. *www.alltechsro.cz*. [Online] [Citace: 25. 2. 2017]. Dostupné z: <http://www.alltechsro.cz/akumulacni-zasobniky-usetri--desetitisice>

42. Kotle na kapalná paliva. *Instalatéři EKOMPLEX*. [Online] [Citace: 19. 1. 2017] Dostupné z: <http://www.topeni-topenari.eu/topeni/topidla-klasicka/kotle-na-kapalna-paliva.php>

43. NAŘÍZENÍ KOMISE (EU) č. 813/2013 ze dne 2. srpna 2013, kterým se provádí směrnice Evropského parlamentu a Rady 2009/125/ES, pokud jde o požadavky na ekodesign ohříváčů pro vytápění vnitřních prostorů a kombinovaných ohříváčů.

44. LUPTÁK, Ladislav; ŠMARDA, Lubomír. Učební text pro obor Instalatér, 2. ročník. *publi.cz*. [Online] 2016. [Citace: 7. 3. 2017] ISBN 978-80-88058-29-8. Dostupné z: <https://publi.cz/books/176/02.html>

45. Plynový kotel kondenzační nebo klasický? *www.infobydleni.cz*. [Online] 3. 5 2009. [Citace: 11. 3. 2017]. Dostupné z: <http://www.infobydleni.cz/news/plynovy-kotel-kondenzacni-nebo-klasicky/>

46. Zemní plyn - aktuální a historické ceny zemního plynu. *Kurzy.cz*. [Online] Kurzy.cz spol. s r.o, 2017. [Citace: 18. 1. 2017]. ISSN 1801-8688. Dostupné z: <http://www.kurzy.cz/komodity/cena-zemniho-plynu-graf-vyvoje-ceny/>

47. Plynové kotle. *Instalatéři EKOMPLEX*. [Online] [Citace: 19. 1. 2017]. Dostupné z: <http://www.topeni-topenari.eu/topeni/topidla-klasicka/kotle-plynove.php>

48. Kondenzační plynový kotel. *Zemníplyn.cz*. [Online] Český plynárenský svaz, 2016. [Citace: 19. 1. 2017]. Dostupné z: [http://www.zemniplyn.cz/Aktuality/img/2016\\_11\\_03/img01.jpg](http://www.zemniplyn.cz/Aktuality/img/2016_11_03/img01.jpg)

49. Kalkulačka energie. Elektrokotle pro ústřední vytápění. *kalkulackaenergie.com* [Online] [Citace: 20. 1. 2017]. Dostupné z: <http://kalkulackaenergie.com/elektricke-kotle-pro-ustredni-topeni/>

50. Autor neznámý. Elektrokotel. *podlaha-topeni.cz*. [Online] [Citace: 14. 1. 2017]. Dostupné z: <http://www.podlaha-topeni.cz/sites/default/files/images/schema%20elektrokotel.jpg>

51. Kombi kotle na dřevo, pelety a ELTO. *www.atmos.eu*. [Online] [Citace: 22. 1. 2017]. Dostupné z: <http://www.atmos.eu/kombi-kotle-na-drevo-pelety-a-elto/>

52. Autor neznámý. Atmos DC 18 SP Kotel na tuhá paliva. *www.topenilevne.cz*. [Online] [Citace: 22. 4. 2017]. Dostupné z: <https://1907554748.rsc.cdn77.org/Services/ImageHandler.ashx?size=2&img=ZGJMTI1NTVlOTJjZWZiMy5wbmc=>
53. Typy krbových vložek. *koumák.cz*. [Online] 2017. [Citace: 20. 1. 2017] Dostupné z: <http://www.koumak.cz/krby/typy-vlozek/>
54. Volba mezi krbem, vložkou a krbovými kamny. *Dřevěnébydlení.cz*. [Online] 2012. [Citace: 19. 1. 2017]. Dostupné z: <http://www.drevenebydleni.cz/news/nelehka-volba-mezi-krbem-krbovou-vlozkou-a-krbovymi-kamny1/>
55. Jak vybrat elektrické přímotopy. *Kalkulačka energie*. [Online] 2017. [Citace: 25. 1. 2017] Dostupné z: <http://kalkulackaenergie.com/jak-vybrat-elektricke-primotopy/>
56. Přímotop nebo topný panel. *Přímotopy.eu*. [Online] 2017. [Citace: 25. 1. 2017]. Dostupné z: <http://www.primotopy.eu/primotop-nebo-topny-panel-a97>
57. Vytápění - rady, tipy, informace. *www.energetickyporadce.cz*. [Online] Centrum energetického poradenství PRE. 10 2013. [Citace: 18. 3. 2017]. Dostupné z: <https://www.premereni.cz/Files/dulezite-informace/ke-stazeni/tiskoviny-ke-stazeni/vytapeni-rady-tipy-informace/>
58. Technologie infrazářičů. *infraky.cz*. [Online] [Citace: 26. 1. 2017]. Dostupné z: <http://www.infraky.cz/technologie-infrazaricu-popis-konstrukce-quartzove-karbonove-keramicke-hlinikove>
59. Elektrické přímotopy. *Nalezeno.cz*. [Online] NetBrokers Holding, 2015. [Citace: 27. 1. 2017]. ISSN 1803-4160. Dostupné z: <http://www.nazeleno.cz/vytapeni/primotopy/elektricke-primotopy-rychle-zahreji-a-nezruinuji-nas.aspx>. ISSN 1803-4160.
60. Elektrické topné kabely. *www.novinky.cz*. [Online] 18. 9 2014. [Citace: 23. 3. 2017]. Dostupné z: <https://media.novinky.cz/846/448463-free1-d2weg.jpg>
61. VRÁNA, Jakub a kolektiv. *Technická zařízení budov v akci*. Praha : Grada, 2007. s. 147-148. ISBN 978-80-247-1588-9.
62. Plynové zářiče. *www.plynove-zarice.cz*. [Online] Karavan centrum HYKRO, s.r.o. [Citace: 23. 3. 2017]. Dostupné z: <https://cdn.myshoptet.com/usr/www.plynove-zarice.cz/user/shop/big/89-5.jpg?57c6ee1a>
63. SRDEČNÝ, Karel a TRUXA, Jan. Graf parametrů tepelného čerpadla v závislosti na vstupní a výstupní teplotě. *Tepelná čerpadla*. Brno : Vydavatelství ERA, 2005. ISBN 80-7366-031-8.
64. Mastný, Petr. Specifikace tepelných čerpadel pro využití v TZB. *Časopis stavebnictví*. [Online] 2007. [Citace: 30. 1. 2017]. Dostupné z: [http://www.casopisstavebnictvi.cz/specifikace-tepelnych-cerpadel-pro-vyuziti-v-tzb\\_N517](http://www.casopisstavebnictvi.cz/specifikace-tepelnych-cerpadel-pro-vyuziti-v-tzb_N517)



65. Heat pumps and energy transfer. *Science learning Hub*. [Online] The University of Waikato, 29. 4 2014. [Citace: 30. 1. 2017]. Dostupné z: <https://www.sciencelearn.org.nz/resources/241-heat-pumps-and-energy-transfer>
66. SRDEČNÝ, Karel; TRUXA, Jan. *Tepelná čerpadla*. Brno : Vydavatelství ERA, 2005. ISBN 80-7366-031-8.
67. Air to Air Heat Pumps. *energyinformative.org*. [Online] Energy Informative, 2. 5 2013. [Citace: 30. 1. 2017]. Dostupné z: <http://energyinformative.org/air-to-air-heat-pumps/>
68. Tepelná čerpadla – princip, systémy, výhody. *Bydlení raz-dva*. [Online] 7. 3 2015. [Citace: 30. 1. 2017]. Dostupné z: <http://www.bydleni12.cz/tepelna-cerpadla-princip-systemy-vyhody/>
69. Tepelné čerpadlo vzduch - vzduch. *Tepelná čerpadla IVT s.r.o.* [Online] [Citace: 24. 3. 2017]. Dostupné z: <http://www.encofaservis.cz/photos/tepelna-cerpadla/tepelna-cerpadla-1.jpg>
70. KOŠTÁL, Josef. Tepelná čerpadla vzduch-voda. *časopis ELEKTRO*. [Online] 2009, 7, s. 14-15. ISSN 1210-0889. Dostupný z: <http://www.odbornecasopisy.cz/res/pdf/41580.pdf>
71. Jak funguje tepelné čerpadlo vzduch-voda. *www.cooltop.cz*. [Online] [Citace: 24. 3. 2017]. Dostupný z: <http://www.cooltop.cz/wp-content/uploads/2015/01/jak-funguje-TC.jpg>
72. Ground-Source Heat Pumps. *Natural Resources Canada*. [Online] 30. 11 2015. [Citace: 30. 1. 2017]. Dostupný z: <http://www.nrcan.gc.ca/energy/publications/efficiency/heating-heat-pump/6833>
73. Autor neznámý. Tepelné čerpadlo země-voda: plošý kolektor. *tzbinfo*. [Online] 16. 2. 2012 [Citace: 15. 2. 2017]. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/docu/clanky/0082/008295o1.png>
74. Autor neznámý. Open vs. Closed Loop Systems in Geothermal. *Geothermal is genius*. [Online] [Citace: 31. 1. 2017]. Dostupné z: <http://www.geothermalgenius.org/blog/wp-content/uploads/2010/06/open-loop-300x194.jpg>
75. MATUŠKA, Tomáš. *Solární zařízení v příkladech*. 1. vydání. Praha : Grada Publishing, a.s., 2013. ISBN 978-80-247-3525-2.
76. ŠEVČÍKOVÁ, Lenka, KLÍMOVÁ, Sylva a ČUPROVÁ, Danuše. Pasivní solární energie - nové trendy. *tzbinfo*. [Online] VUT BRNO, Fakulta stavební, Ústav pozemního stavitelství, 14. 11 2003. [Citace: 7. 2. 2017]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/1705-pasivni-solarni-energie-nove-trendy>
77. BERANOVSKÝ, Jiří; TRUXA, Jan a kolektiv. *Alternativní energie pro váš dům*. 2. vydání. Brno : Vydavatelství ERA, 2004. s. 1-17. ISBN 80-86517-89-6.
78. FILLEUX, Charles a GÜTERMANN, Andreas. *Solární teplovzdušné vytápění*. Ostrava : Vydavatelství HEL, 2006. ISBN 80-86167-28-3.

79. Parabolický koncentrační kolektor. *www.solartechnika.sk*. [Online] VERMOS s. r.o. [Citace: 31. 3. 2017]. Dostupný z: [http://www.solartechnika.sk/application\\_data/solartechnika/uploads/Image/solartechnika\\_4\\_2012/parabolicky\\_koncentracny\\_solarny\\_kolektor1\\_vermos.jpg](http://www.solartechnika.sk/application_data/solartechnika/uploads/Image/solartechnika_4_2012/parabolicky_koncentracny_solarny_kolektor1_vermos.jpg)
80. Dvouokruhový kapalinový solární systém. *cez.cz*. [Online] [Citace: 12. 2. 2017]. Dostupný z: <https://www.cez.cz/edee/content/microsites/solarni/obr/akt1.gif>
81. Větrání s rekuperací. *tzbinfo*. [Online] Zehnder Group Czech Republic s.r.o., 27. 11 2013. [Citace: 14. 2. 2017]. Dostupný z: <http://vetrani.tzb-info.cz/vetrani-s-rekuperaci/10635-rizene-vetrani-s-rekuperaci-tepla-pro-rodinne-domy-a-byty-ii>
82. Protimrazová ochrana. *www.rizene-vetrani.cz*. [Online] Beam Electrolux, 2013. [Citace: 31. 3. 2017]. Dostupný z: <http://www.rizene-vetrani.cz/protimrazova-ochrana>
83. Předehřev pro rekuperaci. *www.luftuj.cz*. [Online] Luftuj, s.r.o. [Citace: 31. 3. 2017]. Dostupný z: <https://www.luftuj.cz/clanky/predehrev-pro-rekuperaci/>
84. STRAŇÁK, Vít. Chcete vytápět hodně levně? Pravda a mýty o rekuperaci i jejích cenách. *bydleni.idnes.cz*. [Online] 14. 2 2015. [Citace: 31. 3. 2017]. Dostupný z: [http://bydleni.idnes.cz/vytapeni-a-chlazení-pomoci-rekuperace-dx3-/uspory-energie.aspx?c=A150213\\_110209\\_uspory-energie\\_rez](http://bydleni.idnes.cz/vytapeni-a-chlazení-pomoci-rekuperace-dx3-/uspory-energie.aspx?c=A150213_110209_uspory-energie_rez)
85. Pasivní rekuperace. *www.pasivnidomy.cz*. [Online] 7. 1 2014. [Citace: 31. 3. 2017]. Dostupný z: [http://www.pasivnidomy.cz/data/images/thumb/15418\\_ffce56079c.jpg](http://www.pasivnidomy.cz/data/images/thumb/15418_ffce56079c.jpg)
86. DVORSKÝ, Emil, a HEJTMÁNKOVÁ, Pavla. *Kombinovaná výroba elektrické a tepelné energie*. Praha : Nakladatelství Ben, 2005. ISBN 80-7300-118-7.
87. POVÝŠIL, Roman a kolektiv. Mikrokogenerace . *www.mpo-efekt.cz*. [Online] 12. 2011 [Citace: 14. 2. 2017]. Dostupný z: <http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/mikrokogenerace.pdf>
88. NĚMEC, Stanislav; KALINA, Jiří. Problematika kombinace solárních soustav s kotli na spalování biomasy. *tzbinfo*. [Online] Regulus spol. s r.o, 7. 3. 2011 [Citace: 15. 2. 2017]. Dostupný z: <http://oze.tzb-info.cz/solarni-kolektory/7209-problematika-kombinace-solarnich-soustav-s-kotli-na-spalovani-biomasy>
89. ČSN EN 12831. *Tepelné soustavy v budovách – Výpočet tepelného výkonu*. 2005.
90. Přepočet spotřeby zemního plynu na kWh. *tzbinfo*. [Online] [Citace: 7. 4. 2017]. Dostupný z: <http://vytapeni.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/95-prepocet-spotreby-zemniho-plynu-na-kwh>
91. Převody jednotek. *jednotky.cz*. [Online] [Citace: 20. 4. 2017]. Dostupný z: <http://www.jednotky.cz/prace-energie/kilowathodina/?hodnota=1>

92. Kotel DAKON DOR F 16. *www.akoupeľnyatopeni.cz*. [Online] [Citace: 20. 4. 2017]. Dostupný z: <https://www.akoupeľnyatopeni.cz/topeni/kotle/kotle-na-tuha-paliva/kotel-dakon-dor-f-16>
93. Bílinské hnědé uhlí - OŘECH 1. *http://www.palivazdemar.cz*. [Online] [Citace: 20. 4. 2017]. Dostupný z: <http://www.palivazdemar.cz/ledvicke-hnede-uhli-orech-1-volne>
94. Akumulační nádrž LMG 1000 d790 0V. *akumulacni-nadrz.cz*. [Online] [Citace: 20. 4. 2017]. Dostupný z: <https://akumulacni-nadrz.cz/lmg-1000-d790-0v.php>
95. Přehled cen zemního plynu. *tzbinfo*. [Online] [Citace: 20. 4. 2017]. Dostupný z: <http://www.tzb-info.cz/ceny-paliv-a-energie/13-prehled-cen-zemniho-plynu>
96. Kotel OGNIWO EKO Plus 16kW. *www.ekologicke-kotle.cz*. [Online] [Citace: 20. 4. 2017]. Dostupný z: <http://www.ekologicke-kotle.cz/ekologicke-kotle/eshop/39-1-KOTLE-5-emisni-tridy/0/5/284-Kotel-OGNIWO-EKO-Plus-16kW>
97. Automatický kotel OGNIWO EKO Plus 16. *www.kotlenauhli.cz*. [Online] [Citace: 20. 4. 2017]. Dostupný z: [https://www.kotlenauhli.cz/fotky25771/fotos/\\_vyr\\_100116.jpg](https://www.kotlenauhli.cz/fotky25771/fotos/_vyr_100116.jpg)
98. Atmos DC18 S - Zplynovací kotel na dřevo. *www.rychla-dodavka.cz*. [Online] [Citace: 20. 4. 2017]. Dostupný z: <http://www.rychla-dodavka.cz/eshop/2711/atmos-dc-18-s-ekologicky-zplynovaci-kotel-na-drevo.html>
99. Atmos Laddomat 22 s úsporným čerpadlem. *www.kamody.cz*. [Online] [Citace: 20. 4. 2017]. Dostupný z: <https://www.kamody.cz/atmos-laddomat-22-s-uspornym-cerpadlematmos-laddomat-22-s-uspornym-cerpadlem-157621>
100. Kotel Atmos DC 18 S- Zplynovací kotel na dřevo. *www.centrumvytapieni.cz*. [Online] [Citace: 20. 4. 2017]. Dostupný z: [http://www.centrumvytapieni.cz/editor/image/eshop\\_products/atmos-dc-18-s\\_1.jpg](http://www.centrumvytapieni.cz/editor/image/eshop_products/atmos-dc-18-s_1.jpg)
101. Tepelné čerpadlo vzduch-voda EasyMaster. *Úsporné vytápění s.r.o.* [Online] [Citace: 21. 4. 2017]. Dostupný z: <http://www.uspornevytapieni.cz/produkt/tepelne-cerpadlo-vzduch-voda-easymaster/>
102. Výpočet proudové hodnoty jističe podle spotřebičů. *www.cez.cz*. [Online] [Citace: 21. 4. 2017]. Dostupný z: <https://www.cez.cz/cs/podpora/technicke-zalezitosti/pro-stavebniky/proudova-hodnota-jistice.html>
103. Přehled cen elektrické energie. *tzbinfo*. [Online] [Citace: 21. 4. 2017]. Dostupný z: <http://www.tzb-info.cz/ceny-paliv-a-energie/14-prehled-cen-elektricke-energie#d56>
104. Tepelné čerpadlo EasyMaster 45Z. *Úsporné vytápění s.r.o.* [Online] [Citace: 21. 4. 2017]. Dostupný z: <data:image/jpeg;base64,/9j/4AAQSkZJRgABAQAAQABAAD/2wCEAAkGBxQSEA8UEBQQUEBUQDw8VFBAUFhAUFRUQFRcXFhUVFBQYHcGgGBolHBQUITEhJSksLi8uFx81ODQsNygvLisBCgoKDg0OGxAQGiwkHyQsLCwsLCwsLywsLCwsLC4sLCwsLCwsLCwSLCwsLCwsLCwsLCwsLCwsLCwsLCwLP/AABEIAKoBKAMBEQACEQEDEQH/>

105. Elektrokotel Thermel 15. *www.thermona.cz*. [Online] [Citace: 21. 4. 2017]. Dostupný z: [http://www.thermona.cz/getattachment/Elektrokotle/Elektrokotle-standardni-rada/Kotel-THERM-EL-15/THERM-EL\\_left\\_big.jpg.aspx](http://www.thermona.cz/getattachment/Elektrokotle/Elektrokotle-standardni-rada/Kotel-THERM-EL-15/THERM-EL_left_big.jpg.aspx)
106. Rosný bod: proč se zrcadlo v koupelně orosí? *FYZMATIK.píše*. [Online] 9. 1. 2009 [Citace: 10. 3. 2017]. Dostupný z: <http://fyzmatik.pise.cz/787-rosny-bod-proc-se-zrcadlo-v-koupelne-orosi.html>
107. Tepelná čerpadla vzduch/voda. Průvodce porovnání nabídek. *www.abeceda-cerpadel.cz*. [Online] [Citace: 24. 3. 2017]. Dostupný z: <http://www.abeceda-cerpadel.cz/cz/porovnani-nabidky-vzduch-voda>
108. Špaleta okna, dveří. *www.vyberokna.cz* [Online] 2015. [Citace: 30. 3. 2017]. Dostupný z: <http://vyberokna.cz/slovnicek-spaleta.php>
109. Regenerace vs. rekuperace. *www.nilan.cz* [Online] [Citace: 30. 3. 2017]. Dostupný z: <http://www.nilan.cz/nazorna-schemata/343-1021-regenerace-vs-rekuperace.htm>
110. VALENTA, Vladimír. Základní topenářské pojmy a definic. *www.cechtop.cz*. [Online] Cech topenářů a instalatérů České republiky, 17. 3 2013. [Citace: 6. 4. 2017]. Dostupný z: <http://www.cechtop.cz/nazvoslovi/>
111. Aplikovaná termomechanika - Přednášky. *www.tzb.fsv.cvut.cz*. [Online] 17. 4. 2011 [Citace: 6. 4. 2017]. Dostupný z: <http://tzb.fsv.cvut.cz/files/vyuka/125yatm/prednasky/125yatm-06.pdf>
112. WOLF, Ivo; JAREŠOVÁ, Miroslava; OUHRABKA, Miroslav. Přenost tepla. *fyzikalniolympiada.cz*. [Online] [Citace: 6. 4. 2017]. Dostupný z: <http://fyzikalniolympiada.cz/texty/texttz.pdf>
113. PETRÁNEK, Jan a SYNEK, Jaroslav. Uhlí . *On-line Geologická encyklopedie*. [Online] [Citace: 6. 4. 2017]. Dostupný z: <http://www.geology.cz/aplikace/encyklopedie/term.pl?uhli>
114. Kotel DAKON DOR F 16. *www.akoupelnyatopeni.cz*. [Online] [Citace: 20. 4. 2017]. Dostupný z: [https://www.akoupelnyatopeni.cz/images/sklady/2\\_dorf\\_1.jpg](https://www.akoupelnyatopeni.cz/images/sklady/2_dorf_1.jpg)
115. Měrné jednotky dřeva. *www.palivove-drevo-brno.cz*. [Online] [Citace: 21. 4. 2017]. Dostupný z: <http://www.palivove-drevo-brno.cz/merne-jednotky-dreva.html>
116. Černé uhlí - Eko-hrášek. *kotlenauhli.cz*. [Online] [Citace: 20. 4. 2017]. Dostupný z: <https://www.kotlenauhli.cz/kotle/eshop/27-1-Paliva/0/5/1191-Cerne-uhli-Eko-hrasek-hrasek-5-25mm-hmotnost-1000-kg>
117. Dřevěné pelety. *www.top-pro.cz*. [Online] [Citace: 20. 4. 2017]. Dostupný z: <http://www.top-pro.cz/produkty-a-sluzby/pevna-paliva/drevene-pelety>
118. Dřevo čerstvé - štípané. *www.palivove-drevo-brno.cz*. [Online] [Citace: 21. 4. 2017]. Dostupný z: <http://www.palivove-drevo-brno.cz/>

119. Plynové přímotopy. *topenáři EKOMPLEX*. [Online] [Citace: 21. 4. 2017]. Dostupné z: <http://www.topeni-topenari.eu/topeni/topidla-klasicka/plynove-primotopy.php>
120. Bivalentní zdroj. *2Kenergy*. [Online] [Citace 21.4.2017]. Dostupné z: <https://www.2kenegy.cz/slovník-pojmu/bivalentni-zdroj.html>
121. Hornická skripta. Koksovny. *hornictvi.info*. [Online] [Citace 21.4.2017]. Dostupné z: <http://www.hornictvi.info/prirucka/zprac/koksovny/koks.htm>
122. Energie pro ČR. Vše o uhlí. *naseuhli.cz*. [Online] [Citace 21.4.2017]. Dostupné z: <http://www.naseuhli.cz/vse-o-uhli>
123. OENERGETICE. Biomasa. *oenergetice.cz*. [Online] [Citace 21.4.2017]. Dostupné z: <http://oenergetice.cz/technologie/obnovitelne-zdroje-energie/biomasa-vyuziti-zpracovani-vyhody-a-nevhody/>
124. OENERGETICE. Zemní plyn. *oenergetice.cz*. [Online] [Citace 21.4.2017]. Dostupné z: <http://oenergetice.cz/technologie/plynarenstvi/zemni-plyn-tezba-vlastnosti-a-rozdeleni/>
125. Bydlení pro každého. Vytápění domácností LPG. *aeri.cz*. [Online] [Citace 21.4.2017]. Dostupné z: <http://vytapani-klimatizace.bydleniprokazdeho.cz/voda-plyn-a-topeni/vytapani-domacnosti-pomoci-lpg.php>
126. FLAGA s.r.o., Odborníci očekávají přechod z LTO na LPG i v Česku. Vytápění domácností LPG. *tzbinfo*. [Online] 13.9.2013. [Citace 21.4.2017]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/10334-odbornici-ocekavaji-prechod-z-lto-na-lpg-i-v-cesku>
127. FLAGA s.r.o., Extra lehký topný olej. *csgold.cz*. [Online] [Citace 21.4.2017]. Dostupné z: <http://www.csgold.cz/extra-lehky-topny-olej.html>
128. Solární energie.info. Výhody a nevýhody solární energie. *Solarni-energie.info*. [Online] [Citace 21.4.2017]. Dostupné z: <http://www.solarni-energie.info/vyhody.php>
129. HOME. Proč se rozhodnout pro podlahové vytápění. *Homebydleni.cz*. [Online] [Citace 21.4.2017]. Dostupné z: <https://homebydleni.cz/dum/vytapani/proc-se-rozhodnout-pro-podlahove-vytapani/>
130. Thermona. Kotel THERM EL. *Thermona.cz*. [Online] [Citace 22.4.2017]. Dostupné z: <http://www.thermona.cz/elektrokotle/elektrokotle-standardni-rada/kotel-therm-el-15>
131. Tepelná čerpadla AIT, s.r.o. Splitová nebo kompaktní tepelná čerpadla vzduch/voda?. *tzbinfo*. [Online] [Citace 23.4.2017]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/tepelna-čerpadla/9962-splitova-nebo-kompaktni-tepelna-čerpadla-vzduch-voda>

## SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

Zkratka/symbol	Popis
BD	bytový dům
CIR	středněvlonné zářiče
ČR	Česká republika
LTO	lehký topný olej
Ho/Hs	spalné teplo [MJ/kg]
Hu	výhřevnost paliva [MJ/kg]
K	přepočtový objemový součinitel
KJ	kogenerační jednotka
KS	kogenerační systém
KVET	kombinovaná výroba elektrické a tepelné energie
LIT	dlouhovlnné zářiče
LPG	zkapalněný topný plyn
NIR	středněvlonné zářiče
Nv	náklady na vytápění [Kč]
PRMr	prostorový metr rovnaný[m <sup>3</sup> ]
Q	teplo získané spálením určitého objemu plynu [J]
RD	rodinný dům
Sp	spotřeba paliva za rok
TČ	tepelné čerpadlo
TUV	teplá užitková voda
Vp	objem spotřebovaného zemního plynu [m <sup>3</sup> ]
$\eta$	účinnost [%]

## SEZNAM TABULEK

Tabulka 1. Statistické procentuální vyjádření využívaných paliv a energií na vytápění v domácnostech ČR. [8] .....	16
Tabulka 2: Základní energetické vlastnosti paliv [30].....	29
Tabulka 3: Orientační dimenzování solárního systému s plochými kapalinovými kolektory pro ohřev TUV [77] .....	50
Tabulka 4 :Investiční a provozní náklady u navrhovaných zdrojů.....	65

## SEZNAM GRAFŮ

Graf 1: Závislost výhřevnosti dřeva na jeho vlhkosti [3].....	19
Graf 2: Potřeba tepla na vytápění v kWh/m <sup>2</sup> /rok pro různé kategorie domů [17].....	19
Graf 3: Parametry tepelného čerpadla v závislosti na vstupní a výstupní teplotě [63].....	40
Graf 4: Graf návratnosti u vybraných zdrojů tepla .....	66



## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Podlahové teplovodní vytápění [29] .....	22
Obrázek 2: Prohořivací způsob spalování [36].....	24
Obrázek 3: Kotel se spodním hořením [37] .....	25
Obrázek 4: Zplyňovací kotel [38].....	26
Obrázek 5: Schéma klasického a kondenzačního plynového kotle [48].....	30
Obrázek 6 Schéma elektrického kotle [50] .....	31
Obrázek 7 Kombinovaný kotel Atmos DC 18 SP [52].....	32
Obrázek 8: Instalace elektrického topného kabelu [60].....	37
Obrázek 9: Plynový zářič [62].....	38
Obrázek 10 Tepelné čerpadlo vzduch-vzduch [69] .....	41
Obrázek 11: Tepelné čerpadlo vzduch-voda [71].....	42
Obrázek 12 Plošný kolektor tepelného čerpadla země-voda [73] .....	43
Obrázek 13 Schéma tepelného čerpadla systému voda-voda [74] .....	44
Obrázek 14: Struktura standardního kolektoru [78] .....	47
Obrázek 15: Koncentrační kolektor s parabolickým reflektorem [79] .....	49
Obrázek 16: Schéma pasivní rekuperace [85] .....	53
Obrázek 17: Schéma kogenerace a rozdíl v účinnosti [86] .....	55
Obrázek 18 Kotel Dakon DOR F 16 [114] .....	58
Obrázek 19 Automatický kotel OGNIWO EKO Plus 16 [97] .....	60
Obrázek 20 Atmos DC 18 S - Zplyňovací kotel na dřevo [100] .....	61
Obrázek 21 Tepelné čerpadlo EasyMaster 45Z [104] .....	63
Obrázek 22 Elektrokotel THERMEL 15 [105] .....	64

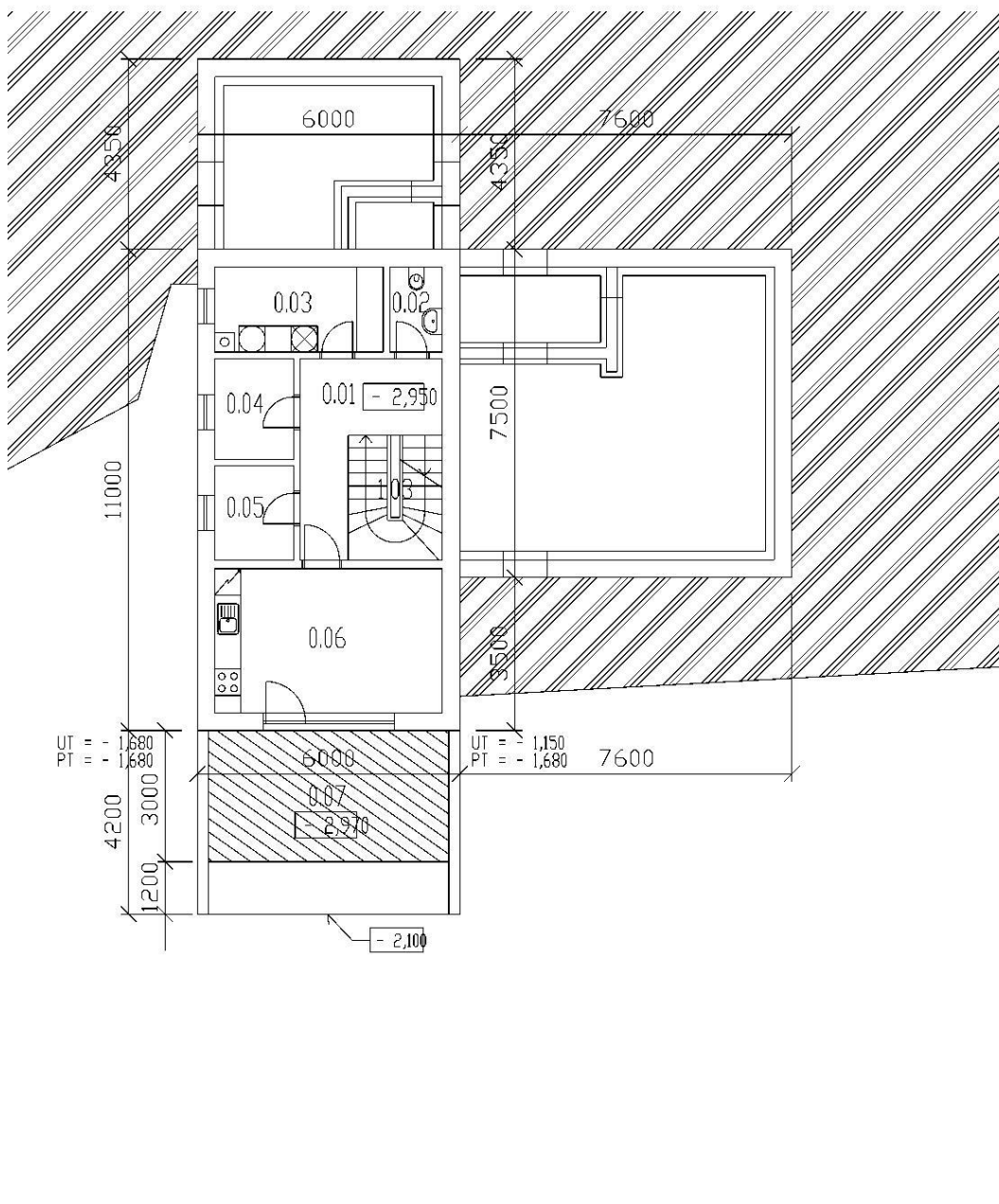
## **SEZNAM PŘÍLOH**

Příloha 1: Výkresová dokumentace rodinného domu.

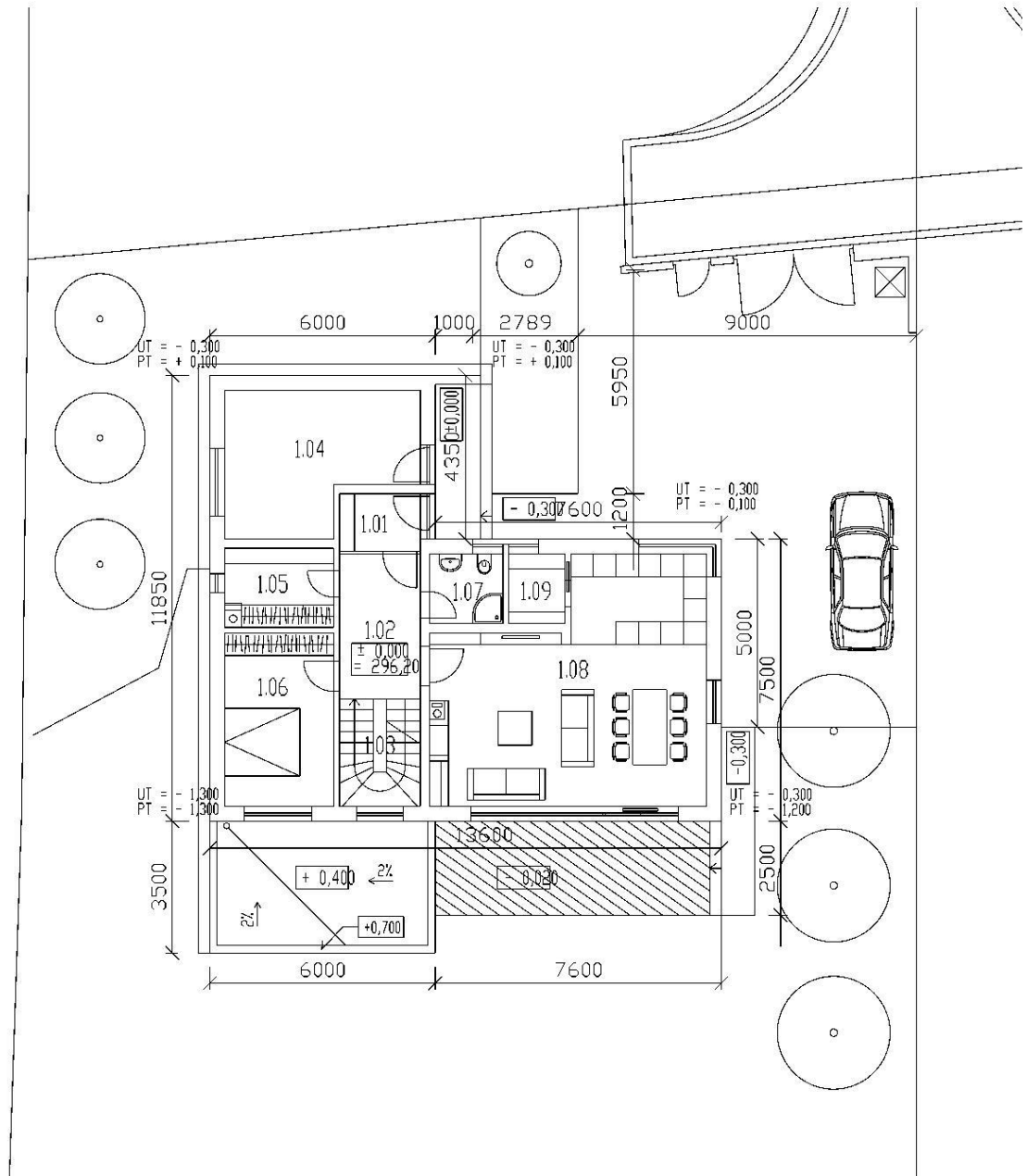
- a) 1. PP (první podzemní podlaží),
- b) 1.NP (první nadzemní podlaží),
- c) 2.NP (druhé nadzemní podlaží).

# PŘÍLOHY

## 1.PP



## 1.NP



2.NP

